

JEFERSON LUIZ GONÇALVES WENDLING

**MODELOS MATEMÁTICOS DE CRESCIMENTO  
E DE PRODUÇÃO EM BIOMASSA PARA  
ÁRVORES DE *Euterpe edulis* MART.  
PLANTADAS A CÉU ABERTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do Título de "Mestre em Ciências Florestais".

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

CURITIBA  
1998



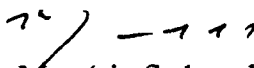
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

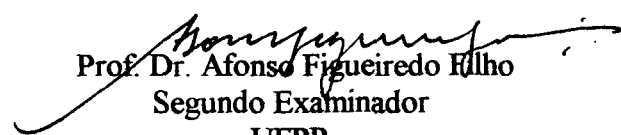
P A R E C E R

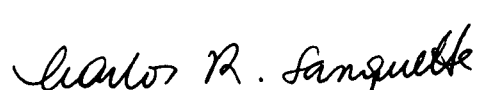
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **JEFERSON LUÍZ GONÇALVES WENDLING**, sob o título "**MODELOS MATEMÁTICOS DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO EM BIOMASSA PARA ÁRVORES DE *Euterpe edulis* MART. PLANTADAS A CÉU ABERTO.**", para obtenção do grau de **Mestre** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **MANEJO FLORESTAL**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com média final: (9,0), correspondente ao conceito: (A).

Curitiba, 31 de julho de 1998

  
Prof. Dr. Mauricio Sedrez dos Reis  
Primeiro Examinador  
UFSC

  
Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho  
Segundo Examinador  
UFPR

  
Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR



À minha esposa Vânia, e minhas filhas  
Larissa e Cássia, dedico

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Carlos Roberto Sanquetta, pela amizade, dedicação, estímulo e paciência dispensados durante a orientação deste trabalho.

Ao grande amigo Engenheiro Florestal Sérgio Ahrens, pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, da EMBRAPA, pelo constante apoio, valiosas e oportunas sugestões e esclarecimentos, além das discussões havidas acerca da temática florestal, durante a fase de concepção e realização dos trabalhos.

Aos Docentes das disciplinas cursadas, pelos conhecimentos e ensinamentos transmitidos. Também aos funcionários da secretaria do Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal pela disposição e atendimento cordial.

Ao Instituto Ambiental do Paraná, que empenhado na valorização e capacitação de seu corpo técnico, concedeu a oportunidade de realização do curso. Também aos colegas lotados na Diretoria de Fiscalização e no Escritório Local de Morretes pelo apoio prestado.

Aos proprietários das árvores cedidas para a pesquisa, e ao Sr Sérgio Cruz Krenk e Sr<sup>a</sup> Maristela Mendes Krenk, proprietários da Indústria e Comércio de Conservas Floresta Ltda., pela colaboração e pelo uso de suas instalações industriais.

Aos colegas de curso, em especial ao Julio Eduardo Arce e Walquiria Pizatto, pela troca de experiências e pela convivência.

Especialmente à minha família, que soube compreender os momentos de ausência, sempre estando ao meu lado encorajando-me nos momentos mais difíceis. Aos meus pais José e Alice pelos valores transmitidos e por tudo o que sou.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente tenham contribuído para a realização dos meus estudos de Pós-Graduação, expresso sentimentos de eterna gratidão.

## BIOGRAFIA

JEFERSON LUIZ GONÇALVES WENDLING, filho de José Bonifácio Nunes Wendling e Alice Gonçalves Wendling, nasceu em Curitiba, Estado do Paraná, a 20 de março de 1959.

Cursou o primeiro grau nas escolas Grupo Escolar Jacinto Ferreira de Sá e Instituto de Educação Estadual Horácio Soares, na cidade de Ourinhos - SP, e concluiu o segundo grau, no ano de 1978, no Colégio Rui Barbosa, em Curitiba - Pr.

Ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, no ano de 1979, concluindo seus estudos com a colação de grau em 15 de março de 1986.

Ainda, no ano de 1986, foi admitido no Instituto de Terras, Cartografia e Florestas - ITCF, atualmente Instituto Ambiental do Paraná - IAP, como engenheiro florestal, desempenhando inicialmente suas atividades profissionais no Escritório Regional de Ponta Grossa. Como funcionário do ITCF, exerceu a função de Coordenador da Área Especial de Interesse Turístico do Marumbi, e interinamente, as funções de Coordenador de Desenvolvimento Florestal, Coordenador de Parques e Reservas e também de Diretor do Departamento de Recursos Naturais.

Participou do grupo de trabalho para realizar estudos e propor medidas destinadas a promover a instrumentalização Consórcio do Rio Iguaçu, designado pelo Ex<sup>mo</sup>. Sr. Governador do Estado, como Representante do ITCF, e do grupo de trabalho encarregado das análises dos Relatórios de Impactos Ambiental (RIMA) submetidos à apreciação do ITCF, conforme designação pela Presidência do ITCF.

Dentre as atividades de classe exercidas, foi Secretário Geral da Associação Paranaense de Engenheiros Florestais - APEF, durante o período 92/93, e exerceu mandato como Conselheiro Titular do CREA - Pr, durante o período de 01/01/93 a 31/12/95, pelo qual recebeu o Certificado de "Serviço Relevante Prestado à Nação".

Em março 1996, licenciou-se do IAP, para ingressar no Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, na área de concentração em Manejo Florestal, desenvolvendo sua dissertação sob o tema "MODELOS MATEMÁTICOS DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO EM BIOMASSA PARA ÁRVORES DE *Euterpe edulis* MART. PLANTADAS A CÉU ABERTO", para obter o título de Mestre em Ciências Florestais.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>4</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1 ÁREA DE OCORRÊNCIA NATURAL.....	6
3.2 DESCRIÇÃO BOTÂNICA E CARACTERÍSTICAS FENOLOGICAS.....	8
3.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES NATURAIS.....	9
3.4 SILVICULTURA.....	9
3.5 DESCRIÇÃO QUANTITATIVA DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO.....	13
3.6 BIOMASSA.....	20
3.6.1 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE BIOMASSA.....	23
3.6.2 RELAÇÕES ALOMÉTRICAS.....	29
3.7 MODELOS.....	32
3.8 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	37
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>

4.1 ÁREA DE COLETA DOS DADOS.....	38
4.1.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	40
4.1.2 CLIMA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	41
4.1.3 VEGETAÇÃO.....	42
4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS.....	44
4.3 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS COLETADAS.....	50
4.4 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS.....	54
4.4.1 MATRIZ DE CORRELAÇÃO.....	55
4.4.2 SELEÇÃO DE EQUAÇÕES DE BIOMASSA.....	58
4.4.3 DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO.....	63
4.4.3.1 MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO.....	63
4.4.3.2 ANÁLISE DOS INCREMENTOS E VALIDAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO SELECIONADO.....	67
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
5.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MENSURADAS.....	69
5.2 SELEÇÃO DE EQUAÇÕES DE BIOMASSA.....	76
5.3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	87
5.3.1 AJUSTE DE EQUAÇÕES DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO AOS DADOS DE PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO.....	87
5.3.1.1 MODELAGEM DA PRODUÇÃO DO PESO DO CREME COMESTÍVEL DE PALMITO.....	102
5.3.2. ANÁLISE DOS INCREMENTOS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO 96/97.....	113
5.3.3 VALIDAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO.....	126
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>132</b>

<b>ANEXO I - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS.....</b>	<b>137</b>
<b>ANEXO II - FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE BIOMASSA.....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXO III - AUTORIZAÇÃO DE CORTE EMITIDA PELO IAP.....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO IV - PESOS (kg) OBSERVADOS E ESTIMADOS POR COMPONENTE DA PALMEIRA.....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXO V - PESOS (g) OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA CABEÇA DE PALMITO. ....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO VI - PESOS (g) OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA AS CABEÇAS DE PALMITO DE TODAS AS 91 ÁRVORES.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO VII - ANÁLISE DE VARIÂNCIA E RESULTADO DO TESTE DE SIGNIFICÂNCIA DO INTERCEPTO PARA CADA MODELO AJUSTADO EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO VIII - INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA), NO PERÍODO 96/97, PARA DAP, D<sub>60</sub>, ALTURA TOTAL, ALTURA DE ESTIPE E COMPRIMENTO DO COLMO EM 115 ÁRVORES DE <i>Euterpe edulis</i> MART. (PALMITEIRO).....</b>	<b>162</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>165</b>



## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 - Distribuição do Palmitheiro no Paraná.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 2 - Limite de ocorrência do palmitheiro na Região litorânea.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURA 3 - Área de coleta de dados.....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 4 - Divisão climática do Paraná.....</b>	<b>42</b>
<b>FIGURA 5 - Perfil esquemático do palmitheiro e suas partes componentes.....</b>	<b>54</b>
<b>FIGURA 6 - Análise de resíduos (em percentuais) para o Modelo 3 - Peso da cabeça (de 30 árvores).....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 7 - Análise de resíduos (em percentuais) para o Modelo 3 - Peso da cabeça (de 91 árvores).....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 8 - Modelo de Chapman-Richards: Distribuição de Resíduos Absolutos do DAP.....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA 9 - Modelo de Chapman-Richards: Distribuição de Resíduos Absolutos da Altura Total.....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 10 - Modelo de Chapman-Richards: Distribuição de Resíduos Absolutos da Altura de Estipe.....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA 11 - Modelo de Prodan: Distribuição de Resíduos Absolutos do DAP.....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 12 - Modelo de Prodan: Distribuição de Resíduos Absolutos da Altura Total.....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 13 - Modelo de Prodan: Distribuição de Resíduos Absolutos de Altura de Estipe.....</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA 14 - Modelo de Gompertz: Distribuição de Resíduos Absolutos do DAP.....</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA 15 - Modelo de Gompertz: Distribuição de Resíduos Absolutos da Altura Total.....</b>	<b>93</b>

<b>FIGURA 16 - Modelo de Gompertz: Distribuição de Resíduos Absolutos da Altura de Estipe.....</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 17 - Evolução de Curva de Crescimento em DAP, estimada pelos Modelos de Chapman-Richards, Prodan e Gompertz.....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 18 - Evolução de Curva de Crescimento em Altura Total, estimada pelos Modelos Chapman-Richards, Prodan e Gompertz.....</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 19 - Evolução de Curva de Crescimento em Altura de Estipe, estimada pelos Modelos de Chapman-Richards, Prodan e Gompertz.....</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 20 - Modelo de Gompertz ajustado pela média: distribuição dos resíduos absolutos do DAP.....</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA 21 - Modelo de Gompertz ajustado pela média: distribuição dos resíduos absolutos da Altura Total.....</b>	<b>100</b>
<b>FIGURA 22 - Modelo de Gompertz ajustado pela média: distribuição dos resíduos absolutos da Altura de Estipe.....</b>	<b>100</b>
<b>FIGURA 23 - Modelo de Gompertz: Curva de crescimento em DAP, ajustada pelas observações individuais e pela média.....</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA 24 - Modelo de Gompertz: Curva de crescimento em Altura Total e em Altura de Estipe ajustada pelas observações individuais e pela média.....</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA 25 - Modelo de Biomassa: Distribuição de resíduos absolutos de Peso de Creme Comestível de Palmito.....</b>	<b>104</b>
<b>FIGURA 26 - Modelo de Gompertz: Distribuição de resíduos absolutos de Peso de Creme Comestível de Palmito.....</b>	<b>104</b>
<b>FIGURA 27 - Evolução da Curva de Crescimento para Peso de Creme Comestível de Palmito estimada pelos Modelos de Biomassa e de Gompertz.....</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA 28 - Modelo de Gompertz: Distribuição dos resíduos absolutos do Diâmetro do creme de palmito.....</b>	<b>107</b>

<b>FIGURA 29 - Modelo de Gompertz: Evolução da Curva de Crescimento em Diâmetro de Creme de Palmito, ajustada pelas observações individuais.....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA 30 - Equação da Reta: Distribuição dos Resíduos absolutos do Diâmetro do creme de palmito.....</b>	<b>111</b>
<b>FIGURA 31 - Distribuição dos Diâmetros Individuais do Creme de Palmito: Valores Observados e Valores Estimados pela Equação da Reta. ....</b>	<b>112</b>
<b>FIGURA 32 - DAP: ICA médio por idade.....</b>	<b>122</b>
<b>FIGURA 33 - <math>D_{60}</math>: ICA médio por idade.....</b>	<b>123</b>
<b>FIGURA 34 - Altura Total: ICA médio por idade.....</b>	<b>124</b>
<b>FIGURA 35 - Altura de Estipe: ICA médio por idade.....</b>	<b>125</b>
<b>FIGURA 36 - Comprimento do Colmo: ICA médio por idade.....</b>	<b>126</b>
<b>FIGURA 37 - DAP: Distribuição dos incrementos estimados e observados.....</b>	<b>128</b>
<b>FIGURA 38 - Altura Total: Distribuição dos incrementos estimados e observados.....</b>	<b>128</b>
<b>FIGURA 39 - Altura de Estipe: Distribuição dos incrementos estimados e observados.....</b>	<b>129</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 - Número de árvores coletados por município e por ano de plantio.....</b>	<b>46</b>
<b>TABELA 2 - Árvores utilizadas para determinação de biomassa.....</b>	<b>50</b>
<b>TABELA 3 - Matriz de Correlação entre variáveis do palmitreiro (Significância para <math>p&lt;0,05</math>): Triângulo Superior para 15 variáveis e 91 observações e, Triângulo Inferior para 19 variáveis e 30 observações.....</b>	<b>72</b>
<b>TABELA 4 - Correlação (<math>r</math>) entre variáveis de <i>Euterpe edulis</i> Mart., obtidos por KIRCHNER et al. (1987) e nesta pesquisa.....</b>	<b>75</b>
<b>TABELA 5 - Correlação (<math>r</math>) entre variáveis de <i>Euterpe edulis</i> Mart., obtidos por FANTINI et al. (1997) e nesta pesquisa.....</b>	<b>76</b>
<b>TABELA 6 - Correlação entre variáveis independentes e dependentes em Modelos de Biomassa - Significância para <math>p&lt;0,05</math> (N=30).....</b>	<b>77</b>
<b>TABELA 7 - Significância do intercepto dos modelos testados para obtenção de estimativas de biomassa .....</b>	<b>78</b>
<b>TABELA 8 - Resultado dos indicadores de ajuste dos modelos testados para obtenção de estimativas de biomassa.....</b>	<b>79</b>
<b>TABELA 9 - Pontuação para os indicadores de ajuste dos modelos testados, para obtenção das estimativas de biomassa.....</b>	<b>80</b>
<b>TABELA 10 - Modelo ajustado para obtenção de estimativas de peso (kg).....</b>	<b>83</b>
<b>TABELA 11 - Significância para o intercepto dos modelos testados para obtenção de estimativas do peso (g) da cabeça de palmito.....</b>	<b>82</b>
<b>TABELA 12 - Resultado dos indicadores de ajuste dos modelos testados para obtenção de estimativas de peso para a cabeça de palmito.....</b>	<b>82</b>
<b>TABELA 13- Pontuação para os indicadores de ajuste dos modelos testados para obtenção de estimativa de pesos para cabeça de palmito.....</b>	<b>83</b>
<b>TABELA 14 - Modelo de Chapman-Richards, Prodan e Gompertz: Coeficientes e Indicadores de Ajuste para valores observados em DAP, Altura Total e em Altura de Estipe em função da idade.....</b>	<b>88</b>

<b>TABELA 15 - Valores Médios Observados e Valores Estimados pelos Modelos de Chapman-Richards, Prodan e Gompertz.....</b>	<b>94</b>
<b>TABELA 16 - Modelo de Gompertz: Coeficientes e Indicadores de Ajuste para os valores médios observados em DAP, Altura Total e em Altura de Estipe em função da Idade.....</b>	<b>99</b>
<b>TABELA 17 - Modelo de Gompertz: valores preditos através do ajuste pelas observações individuais e do ajuste pela média.....</b>	<b>102</b>
<b>TABELA 18 - Modelo de Biomassa e Modelo de Gompertz: Coeficientes e indicadores de ajuste para as estimativas de peso de creme comestível de palmito.....</b>	<b>103</b>
<b>TABELA 19 - Valores médios observados e valores estimados pelos Modelos de Biomassa e de Gompertz.....</b>	<b>105</b>
<b>TABELA 20 - Diâmetro do Creme de Palmito: Valores preditos através do Modelo de Gompertz e valores médios observados por idade.....</b>	<b>108</b>
<b>TABELA 21 - Diâmetro do Creme de Palmito: Valores Preditos pela Equação da Reta, pelo Modelo de Gompertz e Médias Observadas por Idade.....</b>	<b>113</b>
<b>TABELA 22 - Valores Mínimos e Máximos, Média, Desvio Padrão e Variância para 115 árvores de palmito.....</b>	<b>115</b>
<b>TABELA 23 - DAP: Amplitude Mínima e Máxima, Média, Desvio Padrão, Variância, ICA médio, por Idade.....</b>	<b>116</b>
<b>TABELA 24 - D<sub>60</sub>: Amplitude Mínima e Máxima, Média, Desvio Padrão, Variância, ICA médio, por Idade.....</b>	<b>117</b>
<b>TABELA 25 - Altura Total: Amplitude Mínima e Máxima, Média, Desvio Padrão, Variância, ICA médio, por Idade.....</b>	<b>118</b>
<b>TABELA 26 - Altura de Estipe: Amplitude Mínima e Máxima, Média, Desvio Padrão, Variância, ICA, médio por Idade.....</b>	<b>119</b>
<b>TABELA 27 - Comprimento do Colmo: Amplitude Mínima e Máxima, Média, Desvio Padrão, Variância, ICA médio, por Idade.....</b>	<b>120</b>
<b>TABELA 28 - Média, Desvio Padrão, Variância: Diâmetro do Creme e, Peso Bruto e Comestível Creme por Idade.....</b>	<b>128</b>

## RESUMO

Descreve-se um estudo desenvolvido com o propósito de ajustar modelos matemáticos que possibilitem estimar a produção de peso comercial (comestível) para creme palmito de *Euterpe edulis* Mart.. Os dados utilizados para a pesquisa, são provenientes de 142 palmeiras (isoladas ou em pequenos povoamentos) que foram plantadas a céu aberto entre os anos de 1976 a 1995, situadas em propriedades rurais e urbanas localizadas nos municípios de Antonina, Guaraqueçaba e Morretes, no Estado do Paraná. Os dados foram coletados em duas ocasiões: na primeira ocasião (Agosto de 1996) todas as árvores foram selecionadas e identificadas. As seguintes variáveis foram mensuradas: diâmetros (DAP e  $D_{60}$ ), alturas (total e da estipe) e o comprimento do colmo (porção da estipe que contém o creme de palmito). Adicionalmente, registrou-se informações sobre floração e frutificação, método e época de plantio e o estado fitossanitário de cada árvore. Na segunda etapa (Julho de 1997), todas as variáveis foram remensuradas, e as seguintes observações foram coletadas após a realização do corte da árvore: biomassa total e parcial (folhas, estipe e colmo), peso da cabeça de palmito, peso bruto e comercial (comestível) de creme de palmito e, seus respectivos comprimentos e diâmetros. O procedimento inicial de análise quantitativa dos dados incluiu o desenvolvimento de matrizes de correlação para estudar o relacionamento entre as variáveis (aquelas facilmente mensuráveis e as de diferentes expressões de biomassa) coletadas em campo. Após conhecer o coeficiente de correlação linear para cada par de variáveis, 7 modelos matemáticos para avaliação de biomassa, selecionados na literatura, foram testados. Diferentes expressões de biomassa foram usadas como variáveis dependentes para os ajustes. Como material de aplicação prática, as seguintes características facilmente obtidas foram usadas como variáveis independentes: DAP,  $D_{60}$ , Altura Total, Altura da Estipe e Comprimento do Colmo, além da Idade. Dentre as variáveis independentes, selecionou-se aquelas com maior valor para o Coeficiente de Correlação Linear com a variável dependente: o DAP, e a Altura da Estipe. Para todas as variáveis dependentes, os coeficientes de correlação com a Altura da Estipe foram inferiores em relação aos valores verificados para a Altura Total. Por outro lado a Altura de Estipe, pode ser mensurada mais facilmente e com menor possibilidade de erro. O Incremento Corrente Anual, em DAP,  $D_{60}$ , Altura Total e Altura da Estipe e Comprimento Colmo para o período 1996-1997, para cada palmeira, foi determinado como a diferença entre os valores observados na primeira e na segunda ocasião, respectivamente. As árvores que por ocasião da segunda mensuração estavam mortas ou cortadas, e aquelas cujos proprietários não permitiram a remensuração, foram desconsideradas. Para a estimativa da produção do Peso de Creme Comestível de palmito, foi desenvolvida em duas etapas de análise quantitativa. Primeiro, obteve-se as estimativas para as variáveis de fácil mensuração (DAP, Altura Total e Altura da Estipe), como função da Idade, mediante o ajuste do modelo de crescimento aos dados mensurados em 1997. Nesta fase foram testados os seguintes modelos: Chapman-Richards, Prodan e Gompertz. Na segunda etapa, obteve-se as estimativas para o Peso de Creme Comestível de palmito a partir das variáveis de fácil mensuração (DAP e Altura da Estipe em função da idade), ajustando-se a equação de biomassa aos dados observados para o peso comestível. Em conformidade com os resultados obtidos, e para o conjunto considerado conclui-se que: O estudo sobre a correlação entre as variáveis dimensionais de uma árvore, é fundamental para predição de variáveis dependentes (de difícil obtenção), através da análise de regressão; A correlação entre as variáveis que exprimem biomassa, em especial as localizadas na parte aérea das árvores apresentaram as correlações mais elevadas entre si; O DAP e a

Altura da Estipe, são as variáveis recomendadas para a predição das variáveis de difícil obtenção, em especial o Peso de Creme Comestível de palmito e; O modelo indicado como o mais apropriado para a avaliação de biomassa, em palmeiras da espécie *E edulis* Mart., foi a equação  $Y = b \cdot DAP + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$ . Concluiu-se também, que é possível representar o crescimento e a produção através de modelo matemático como função da idade, sendo os mais apropriados os modelo de Gompertz e de Chapman-Richards; o incremento máximo em DAP, Altura Total e em Altura da estipe, ocorre entre 4 a 7 anos de idade. Recomenda-se, entretanto, o desenvolvimento de pesquisas, com o objetivo de aprimorar o conhecimento das relações biológicas entre as variáveis dimensionais, bem como no sentido de desenvolver modelos matemáticos específicos para árvores individuais e que descrevam o crescimento e a produção de palmeiras.

## ABSTRACT

A study on the fitting of mathematical models for the estimation of commercial weight of heart of palm, produced by *Euterpe edulis* Martius, is described. The data used in this research were obtained in 142 trees (growing in isolation or in small stands) planted under open growth conditions between 1976 and 1995. All trees were planted in agricultural and urban holdings located in the municipalities of Antonina, Guaraqueçaba and Morretes, state of Paraná, Brasil. The data were collected in two occasions: in the first occasion (August, 1996), all trees were selected and identified. The following variables were then measured: DBH, total and commercial height and length of culm (portion of the stem containing the "heart of palm"), for each tree. Phenology, planting year and method, as well as current health condition were also observed and recorded. In the second occasion (July, 1997), all variables were remeasured, and the following were recorded after all trees were felled: total and partial biomass (leaves, stem and culm), gross and commercial weight of the "heart of palm" and respective diameters and length. The initial procedure for the quantitative analysis of the data included the development of correlation matrices in order to study the relationships among the variables (between those easily measurable and the different expressions of biomass) as collected in the field. After the coefficient of linear correlation for each pair of variables was determined, seven mathematical models, selected from the literature on biomass evaluation, were tested. Different expressions of biomass were used as dependent variables for all runs. As a matter of practical application, the following easily obtainable characteristics were used as independent variables: DBH,  $D_{60}$ , total height, stem height, length of culm and tree age. The independent selected variables were those with the largest value for the coefficient of linear correlation with the dependent variable (DBH and stem height). For all dependent variables, the correlation coefficients with stem height were smaller than with total height. In addition, the stem height can be measured without major difficulties and with smaller errors. The current annual increment (CAI) in DBH,  $D_{60}$ , total height, stem height and culm length, for the period 1996-1997, was determined as the difference between the values observed in the first and second occasions, respectively. The following trees were not remeasured in the second occasion: dead trees, trees that were cut between the two measuring occasions, and those located in holdings where the owners did not provide permission for felling. The quantitative evaluation of commercial weight of heart of palm was carried out in two steps: in the first one, the estimation was done in respect to the easily measurable variables (DBH, total height and stem height) as a function of age. The following growth models were tested with the data collected in 1997: Chapman-Richards, Prodan and Gompertz. In the second step, the evaluation of the commercial weight of heart of palm as carried out using DBH and stem height (previously estimated in the first step) as independent variables; biomass (commercial weight of heart of palm) was used as dependent variable. From the results it was concluded that: a) the correlation analysis between size variables of the trees is fundamental for the prediction of those variables of difficult mensuration; b) the correlation among the biomass variables, in special among those located in the crown, presented the highest values; c) DBH and stem height are recommended for the prediction of those variables difficult to be obtained, in special the commercial weight of heart of palm; d) the most appropriate biomass model was  $Y = b \cdot DBH + c \cdot (DBH^2 \cdot H_{stem})$ ; e) It was also concluded that the representation of growth and yield of palm trees with mathematical models as a function of age is a real possibility; Gompertz and Chapman-Richards were the most adequate models in the present study; f) the



maximum CAI for DBH, total and stem height was observed between ages 4 and 7 years. Finally, the development of additional research is recommended; these studies must be carried out in order to improve the knowledge on the biological relations among the dimensional variables, as well in the sense of developing mathematical models capable of describing the growth and yield processes of palm trees.

## 1 INTRODUÇÃO

O documento denominado “Atlas do Meio Ambiente do Brasil”, elaborado pela EMBRAPA (1994), evidencia que as barreiras levantadas pelos países ricos à importação de produtos oriundos dos países pobres, aliadas à falta de pesquisa e de tecnologia adequada (principalmente destes últimos) ao manejo das comunidades florestais naturais, são os principais elementos responsáveis pela destruição das florestas tropicais. Estes aspectos, levam à reflexão de que não consegue-se somente proteger as florestas tropicais apenas com leis que proíbam sua derrubada, pois a fome e a miséria costumam não respeitar estas leis. O mesmo documento, revela que ao destruir as florestas, o homem não percebe que elas são fundamentais não só para a sua sobrevivência, mas para toda a vida da Terra, e que muitos dos remédios utilizados são provenientes de descobertas de novos usos para as plantas e animais.

O Brasil, maior país tropical do mundo, com uma superfície de 8.511.996 km<sup>2</sup>, é caracterizado pela presença de regiões morfológicas distintas, e uma diversidade ecológica que o coloca como principal depositário dos organismos vivos do planeta.

No sistema de Classificação Fitogeográfica para a vegetação brasileira, adotado pelo IBGE (1992), o território nacional divide-se em 9 grandes regiões fitoecológicas: Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica ou Tropical Pluvial), Floresta Ombrófila Aberta (Floresta Amazônica), Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária), Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), Campinarana (campinas), Savana (Cerrado), Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido, Campos de Roraima, Chaco Sul Mato Grossense) e Estepe (Campos Gerais Planálticos e Campanha Gaúcha). Nas Regiões Fitoecológicas (Biomass) mencionadas, podem ocorrer Áreas de Formações Pioneiras (com influência Marinha, Flúviomarinha e Fluvial),

Áreas de Tensão Ecológica (Ecótono e Enclave) ou Refúgios Vegetacionais, e constituem-se em ecossistemas associados aos biomas a que pertencem.

Conforme documentado pela EMBRAPA (1994), a Floresta Atlântica, originalmente estendia-se desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, constituindo-se na segunda maior floresta tropical úmida do território brasileiro. A devastação ocorrida, desde o período do descobrimento do Brasil até a atualidade, reduziu este bioma a fragmentos, e seus remanescentes mais representativos localizam-se mais ao sul do País. Mesmo assim, ainda é considerada como um dos mais importantes ecossistemas do planeta, sendo detentora de uma rica biodiversidade.

Na Floresta Ombrófila Densa, destaca-se a presença da espécie *Euterpe edulis* Mart., que segundo CARVALHO (1994), é uma palmeira característica (não exclusiva) deste Bioma, onde aparece ocupando o estrato médio, e é conhecida como juçara e palmitero, dentre outras denominações.

O interesse econômico pelo palmitero concentra-se na parte comestível da palmeira, que produz fina iguaria denominada palmito (creme). Segundo ROSSETI et al. (1986), durante o período entre 1980 a 1984, a produção de palmito em conservas foi de 100.000 t anuais, e a nível de mercado internacional verificou-se um preço crescente, correspondendo a US\$ 1.990/t em 1985, e apresentando tendência para alcançar até US\$ 2.200/t em 1986.

Conforme observado por FERREIRA & PASCOALINO (1986), no período de 1973 a 1983, a exportação do palmito em conserva passou de 4.416 para 10.971 toneladas. O valor da exportação, em dólar FOB, foi US\$ 3.539.000 em 1973 a US\$ 27.020.000, em 1983, e a participação do palmito em conserva no volume total das exportações de indústrias alimentícias, correspondeu a 0,07% das exportações brasileiras naquele período.

A exploração de *E. edulis* Mart. tradicionalmente ocorre em populações naturais situadas na Floresta Atlântica, sendo desenvolvida sob a forma de extrativismo, muitas vezes predatório e também clandestino. É com base nesta atividade extrativa que muitos habitantes das comunidades locais buscam sua sobrevivência e sustento para seus familiares.

Embora as contribuições de ROSSETI et al. (1986) e de FERREIRA & PASCOALINO (1986), tenham indicado uma tendência crescente na produção de conserva de palmito, verifica-se que ainda praticamente inexistem instrumentos de análise que permitam obter estimativas para a produção de creme de palmito em árvores plantadas sob a cobertura da vegetação natural, ou mesmo quando cultivadas em condições de plena insolação, e que pudessem viabilizar esforços de análise econômico-financeira da silvicultura de *E. edulis*, com o propósito de determinar a sua economicidade.

Os plantios comerciais de *E. edulis* Mart. efetivados durante a década de 1970, através da aplicação dos recursos provenientes de Incentivos Fiscais, foram executados mediante o procedimento de semeadura a lanço, e esta prática ainda perdura entre a maioria dos empresários do ramo. Isto não permite a distinção entre as árvores plantadas das que desenvolveram-se naturalmente na floresta, e, por consequência impossibilita o conhecimento da idade do plantio.

Como a finalidade precípua desta pesquisa é disponibilizar um modelo matemático de crescimento e de produção para creme de palmito (comestível), utilizou-se árvores isoladas ou formando pequenos povoamentos, as quais foram plantadas sob condições de plena insolação. Tais condições de plantio, na prática, são freqüentemente observadas em propriedades agrícolas e urbanas, na região litorânea do Estado do Paraná, e em relação aos plantios comerciais, apresentam como principais vantagens a possibilidade de melhor controle da idade

do plantio de cada árvore, permitir a seleção de árvores abrangendo a maior variação de idade possível, além de eliminar diferentes níveis de intensidade de luminosidade como um dos fatores que podem influenciar o crescimento.

Na literatura disponível e pesquisada as contribuições apresentadas por KIRCHNER et al. (1986) e por FANTINI et al. (1997), referem-se à produção de creme de palmito a partir do DAP da árvore e do diâmetro da cabeça de palmito, porém no que tange a estimativas sobre crescimento, o assunto não tem sido objeto de investigação pelos pesquisadores.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Consiste em ajustar modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa, para árvores de *Euterpe edulis* MART. plantadas a céu aberto, com enfoque para a variável comercial Peso do creme comestível de palmito, em função de variáveis dimensionais de fácil obtenção.

## 2. 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as correlações entre variáveis de biomassa e outras facilmente mensuráveis;
- Testar modelos matemáticos para relações alométricas, principalmente para as variáveis de fácil mensuração (DAP e Altura de Estipe);
- Testar e selecionar modelo matemático, para descrever o crescimento de árvores individuais;
- Avaliar os incrementos obtidos durante no período de 1 ano, para as variáveis de fácil mensuração (DAP e Altura de Estipe);
- Recomendar um modelo de crescimento e variáveis não destrutivas de fácil mensuração para estimação do peso comercial (comestível) de creme de palmito.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao examinar a literatura disponível sobre *E. edulis* Mart., observa-se o fato de que predominam as contribuições direcionadas aos aspectos qualitativos da espécie. Desta forma, constata-se a existência de um elevado número de trabalhos técnicos (PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), CARVALHO (1994) INOUE et al. (1984), QUEIROZ & LIN (1987) entre outros) que reportam informações relacionadas a diferentes aspectos da descrição da área de ocorrência natural de *E. edulis*, suas características botânicas e fenológicas, etapas preliminares da sua silvicultura, particularmente no que diz respeito à obtenção de sementes e produção de mudas, identificação de híbridos naturais, e industrialização do creme. Por outro lado, não foi

constatada a existência e disponibilidade de trabalhos publicados sobre a representação de crescimento e de produção, seja em volume ou em biomassa (peso de creme) para esta espécie, através de modelos matemáticos e que efetivamente permitissem realizar estudos sobre a viabilidade econômico-financeira da silvicultura desta espécie.

Pelos motivos anteriormente expostos, a análise crítica da literatura disponível, e que é apresentada na sequência, obedece a uma organização das contribuições por assunto.

### 3.1 ÁREA DE OCORRÊNCIA NATURAL

Segundo CARVALHO (1994), a espécie *E. edulis* é característica da Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), nas formações Aluvial, Baixo Montana e Submontana, onde aparece no estrato médio, como espécie dominante, podendo ocorrer, ainda, nas seguintes tipologias florestais:

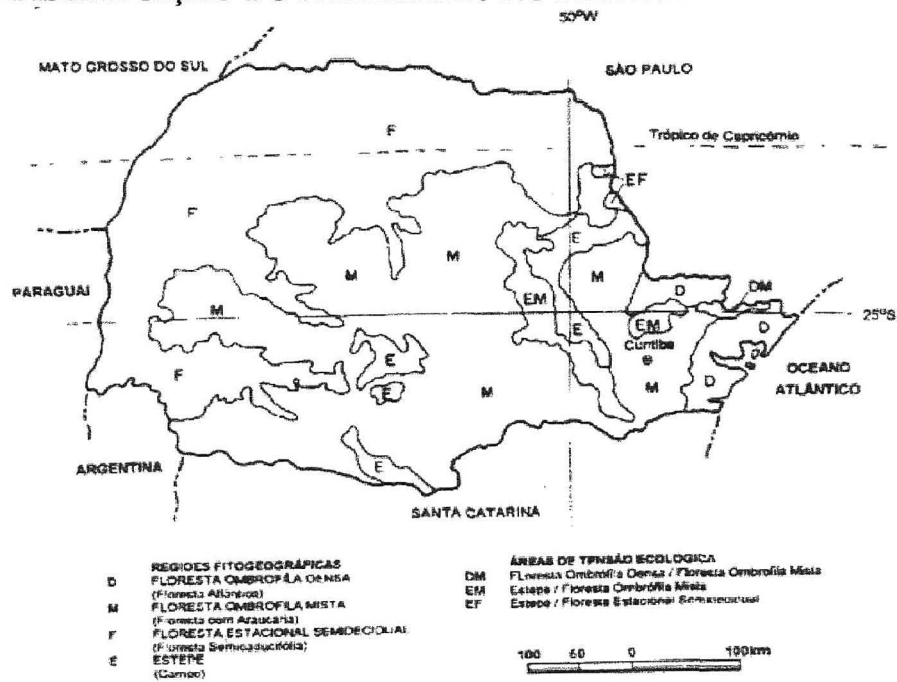
- a) no Brasil Central, até os vales do rio Paraná e Iguaçu, na Floresta Estacional Decidual;
- b) na Bacia do rio Jacuí, na Floresta Estacional Decidual Baixo Montana;
- c) na região dos Campos Cerrados, onde somente ocorre nas matas ciliares.

PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.) acrescentaram que em relação ao território brasileiro, a sua distribuição geográfica vai desde o Sul do Estado da Bahia até a cidade de Osório no Estado do Rio Grande do Sul, ocupando uma pequena e estreita faixa situada entre 15° e 30° latitude Sul.

INOUE et al. (1984) observaram que no Estado do Paraná, a espécie *E. edulis* ocorre em toda a Floresta Atlântica de planície e encosta até o nível de 700 metros de altitude,

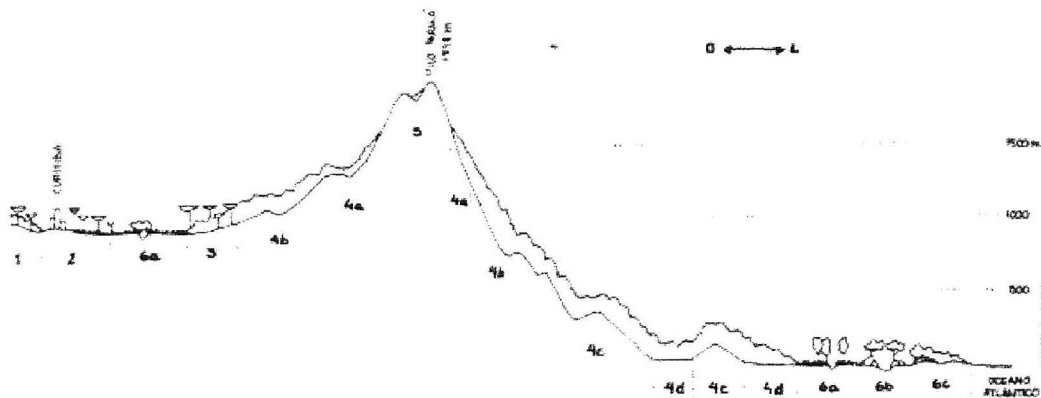
adentrando pelo vale do rio Ribeira, difundindo-se também nas florestas tropicais e subtropicais do norte e oeste do Estado, tendo como limites confrontantes a área de ocorrência natural da *Araucaria angustifolia* (Figuras 1 e 2).

FIGURA 1: DISTRIBUIÇÃO DO PALMITEIRO NO PARANÁ



Fonte: RODERJAN (1994)

FIGURA 2: LIMITE DE OCORRÊNCIA DO PALMITEIRO NA REGIÃO LITORÂNEA (ATÉ 700 m SNM)



Fonte: RODERJAN (1994)



### 3.2 DESCRIÇÃO BOTÂNICA E CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS

A espécie foi descrita por diversos autores, por vezes até mesmo de forma repetitiva. A descrição documentada na sequência foi elaborada com base nas contribuições produzidas por PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.) e CARVALHO (1994).

Conforme descrito por CARVALHO (1994), o palmito, *E. edulis* Mart., é uma palmeira pertencente à família Arecaceae; também conhecida como: açaí-do-sul, juçara, jiçara, ensarova e palmito-juçara, dentre outras denominações. A altura da palmeira varia entre 5 m a 10 m e o DAP entre 5 cm a 15 cm. O caule apresenta-se na forma de estipe, sendo não estolonífero. Entre o término do tronco e na parte onde nascem as folhas, há uma seção verde, mais grossa que o tronco, formada pela base do conjunto de folhas. No interior desta seção encontra-se a parte comestível da estipe da palmeira, porção também conhecida como “creme”.

CARVALHO (1994), acrescenta que a ramificação é monopodial, e a copa formada por um tufo de 15 a 20 folhas grandes no ápice, alternas, pinadas, com até 3 m de comprimento. A inflorescência em espádice de 50 cm a 80 cm de comprimento, é composta de várias espigas, cujas flores (numerosas e com coloração amarela) estão inseridas em grupos de 3 (uma feminina entre duas masculinas) localizadas logo abaixo das folhas. Na antese, a inflorescência está envolta por uma grande bráctea que a protege até seu desenvolvimento.

CARVALHO (1994), observa que o fruto é do tipo drupa esférica, composta por um epicarpo (casca) pouco espesso, liso, violáceo escuro, com polpa escassa, encerrando uma semente quase esférica, parda-grisácea a parda-amarelada, envolvida por uma cobertura fibrosa, com até 10 mm de diâmetro. A floração do palmito ocorre entre os meses de setembro

a dezembro (nos Estados do Paraná e de Santa Catarina), formando frutos maduros a partir de maio até o mês de outubro (no Estado do Paraná), sendo que a frutificação mais intensa é verificada nos meses de junho e julho. A produção de sementes ocorre anualmente e em grande quantidade, sendo que cada palmeira apresenta de 2 a 5 (até 7) cachos de frutos, contendo em média 1.500 sementes em cada cacho.

A maturação é irregular, encontrando-se sementes verdes e maduras (coloração arroxeada até preta) simultaneamente.

PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), ressalta que, aparentemente, o palmito não tem nenhuma praga específica, e que sob o aspecto entomológico poucos insetos foram observados. Antes da abertura da inflorescência, o pesquisador notou a presença de larvas de um microlepidóptero, que perfura a espata, alojando-se entre as espigas onde então passa a alimentar-se. Ocasionalmente observou vestígios de insetos sugadores nos folíolos de mudas bem jovens, também vários Coleópteros foram notados em atividade na inflorescência, e outros Curculionídeos comendo pólen. Os danos registrados da atividade da entomofauna, de acordo com PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), são pequenos ou ainda não existem.

### **3.3 HÁBITOS DE CRESCIMENTO EM CONDIÇÕES NATURAIS**

Conforme descrito por INOUE et al. (1984), o palmito é uma das espécies mais freqüentes e abundantes em sua área de distribuição, imprimindo feição característica na floresta devido à sua presença em vários estágios de desenvolvimento, ocupando o estrato médio, em acentuada posição de dominância, na maioria das vezes. Nas florestas, cuja

estrutura ainda não foi descaracterizada devido à exploração, é observada, com frequência, intensa regeneração natural com indivíduos representados nas mais diferentes fases de crescimento, sendo que a regeneração na forma de plântula e mudas chega, por vezes, a cobrir parcialmente, e até integralmente, a superfície do solo.

INOUE et al. (1984) acrescentam que durante os dois primeiros anos, o crescimento é lento, no entanto a partir do terceiro e quarto ano, este passa a ser mais vigoroso, onde parece então aceitar melhor quantidades maiores de luz.

PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), consideram a luminosidade como um dos fatores indispensáveis ao crescimento vigoroso do palmito, condição esta que pode ser, segundo aqueles autores, controlada nas florestas naturais, através da anelagem de árvores indesejáveis (sem afetar o micro-clima interior), quando da execução de Planos de Manejo em Regime de Rendimento Sustentado. Estes pesquisadores, acrescentam que em tais condições o crescimento em altura é retardado, e o crescimento em diâmetro aumentado, sendo com isso, destacada parte do colmo ou cabeça, o que é importante para o rendimento de matéria prima. Salienta-se entretanto, que na atualidade, não há como obter-se licença da autoridade ambiental para a supressão de outras espécies que não aquelas previstas para corte seletivo em um Plano de Manejo.

### **3.4 SILVICULTURA**

Na atualidade, entretanto, e refletindo sobre o que tem sido consagrado na literatura técnica, considera-se como aspectos silviculturais aqueles relativos à coleta e germinação de

sementes, produção de mudas, e o plantio. Desta forma, a análise que segue contempla tão somente os aspectos mencionados.

Conforme relatam PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), o trabalho de coleta de sementes de palmito, consiste em cortar o cacho e na retirada das sementes, separando-se as verdes das maduras, sendo que o reconhecimento da semente madura exige pouco do leigo, uma vez que o amadurecimento é notado pela coloração roxa (quase violácea) que o cacho apresenta ou ainda, pela presença de pássaros, que pode ser uma forma de verificação do amadurecimento.

Experimentos realizados por QUEIROZ & LIN (1987), para estudar diferentes aspectos relacionados com vigor, maturação, germinação e armazenamento de sementes de *E. edulis*, indicaram que em frutos provenientes de Guabiruba-SC, classificados em três classes de tamanho e peso, não apresentaram diferença estatística de viabilidade (avaliada pelo teste de tetrazólio) entre sementes grandes e pequenas. Entretanto, houveram variações na percentagem de germinação para sementes de diferentes tamanhos (81% nas grandes e 71% nas pequenas) e também nas sementes pertencentes à diferentes classes de maturidade (85% nas bem maduras 75% nas maduras e 69% nas verdes). Entre as classes de maturidade, também houve diferença estatística no índice de vigor medido pelo teste de envelhecimento precoce (61% para bem maduros e 36% para os verdes).

A produção de mudas de *E. edulis*, pode ser obtida através da semeadura em viveiro, e formação da muda diretamente em recipientes ou através da semeadura a lanço na área onde pretende-se formar uma população.

NODARI et al. (1987a), acrescentam que a exploração de *E. edulis*, tradicionalmente tem ocorrido de forma extrativista, e somente há poucos anos houveram tentativas de

implantação de palmitais em diferentes condições de ambiente, inicialmente por imposição legal, ao exigir a reposição obrigatória.

Segundo NODARI et al. (1987a), foram realizados experimentos na região do Vale do Rio Itajaí, SC, distribuindo-se frutos maduros em florestas primárias e secundárias, e em menor escala, procedeu-se plantio de mudas em raiz nua e mudas embaladas. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que a implantação de palmiteiros através do plantio de mudas, mostrou-se vantajosa no estabelecimento da cultura, porém a semeadura direta, apesar da baixa sobrevivência das mudas (30%), foi o método que envolveu melhor distribuição do fruto sobre a superfície do solo, de forma simples, barata e com razoável eficiência.

Em relação à contribuição apresentada por NODARI et al. (1987a), salienta-se que o objetivo implícito ao estabelecimento de plantações com *E. edulis*, é garantir o abastecimento industrial (considerando o valor econômico do produto obtido), com a utilização de uma espécie nativa do ecossistema, e simultaneamente, proporcionando a geração de empregos diretos e indiretos decorrentes desta atividade. Adicionalmente, a exploração econômica de populações plantadas envolve menores níveis de burocracia em relação às naturais, conforme dispõe o Artigo 12 da Lei nº 4.771/65 (Código Florestal), devendo também, ser considerada a possibilidade em obter maior produção de matéria-prima por unidade de área.

Portanto, o estabelecimento de plantações deve desprezar o método da semeadura direta, que reflete desperdício de sementes além de dificultar a distinção futura entre populações plantadas e naturais. No que tange à obtenção de mudas para o atendimento de objetivos comerciais, sem sombra de dúvida, na maioria das vezes esta será mais vantajosa em relação a semeadura direta, em virtude de possibilitar a implantação de um povoamento com distribuição espacial e crescimento homogêneos, o que facilitará o planejamento das atividades

florestais. As mudas necessárias, podem ser produzidas a partir da instalação de pequenos viveiros no interior da floresta, onde naturalmente serão aclimatadas às condições ambientais locais, além de proporcionar redução dos custos de transporte para a efetivação do plantio.

PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), justificam que o plantio através de mudas em embalagens tornaria o empreendimento oneroso e sem condições de competição econômica e que as raízes tem comportamento duvidoso quando submetidas em embalagens, e o plantio através de mudas de raiz nua apresenta dificuldades que devem ser superadas após pesquisas. Aqueles autores acrescentam que o processo mais difundido para o reflorestamento com palmito é a semeadura direta, que requer investimentos considerados baixos, embora possa ocorrer uma perda decorrente de danos diversos entre 40 a 50%.

Em relação aos aspectos observados por PEDROSA-MACEDO et al. (s.d.), não foram documentados quaisquer estudos reportando-se à análise econômica e rendimento comercial proveniente dos diferentes métodos de plantio (semeadura direta, mudas embaladas e em raiz nua), preconizando-se a semeadura direta, apenas em função do baixo investimento inicial. As considerações relativas ao comportamento duvidoso da raiz quando submetida em embalagem, e também a dificuldades que devem ser superadas pela pesquisa no caso de raiz nua, são genéricas não abordando quais os problemas que necessitam ser solucionados pela pesquisa.

### **3.5 DESCRIÇÃO QUANTITATIVA DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO**

O único autor a reportar sobre o desenvolvimento de um modelo de crescimento para *E. edulis* foi HERING (1973). Naquele documento descreve-se a tentativa de desenvolver uma

“equação de crescimento” para esta espécie, utilizando-se dados coletados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (USP-IPT) em plantações estabelecidas em diferentes localidades na região conhecida como Vale do Ribeira, SP, e também informações empíricas observadas pelo próprio autor na Fazenda Faxinal, em Blumenau, SC.

Os dados coletados pelo IPT foram empregados por HERING (1973), tendo sido utilizadas informações obtidas em 115 árvores, com idade variando entre três e doze anos, e plantadas em diferentes condições de solo, luminosidade e topografia. Em cada árvore foram medidos o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e Altura da Estipe até o limite inferior da porção correspondente ao creme. É pertinente observar que um dos objetivos do estudo conduzido por HERING (1973) foi o exame das possibilidades de uso da estipe desta espécie como matéria-prima para a produção de celulose e, por este motivo, optou-se pela definição da altura com este critério de utilização comercial.

Devido à heterogeneidade das condições de crescimento, acrescida à falta ou à insuficiência de dados para algumas classes de idade, o relatório do IPT concluiu que seria impraticável desenvolver a “equação de crescimento” conforme pretendido. Mesmo assim, HERING (1973) utilizou os resultados produzidos pelo relatório do IPT e produziu um gráfico do crescimento em altura (excetuando-se a cabeça) contra a idade das plantas, sem apresentar, no entanto, uma equação matemática para a relação funcional cuja descrição foi pretendida.

Outro estudo merecedor de análise nesta revisão é aquele reportado por KIRCHNER et al. (1987). Estes autores observaram a inexistência de conhecimentos referentes à estimativa de peso da parte comestível das árvores de *E. edulis* por classe de qualidade. Com base nesta constatação, realizaram um trabalho de pesquisa objetivando desenvolver uma equação de

biomassa que descrevesse a relação matemática entre o peso de creme e a Circunferência à Altura do Peito (CAP), adotando a metodologia descrita como segue:

- a) Amostragem destrutiva de 134 palmeiras, distribuídas em cinco áreas, observando-se a amplitude das classes de CAP e a classe de qualidade dos palmitos;
- b) Nas árvores abatidas foram observadas as seguintes variáveis: classe de qualidade, cor, sexo (fértil/estéril), CAP (cm), número de cachos, altura total (m) e de estipe, comprimento e circunferência da cabeça (m); e,
- c) Após o descascamento do palmito as seguintes variáveis foram mensuradas: comprimento total (m) do creme e da parte fibrosa, circunferência do creme (cm), peso total (g) do creme e da parte fibrosa, volume total (cm<sup>3</sup>) do creme e volume da parte fibrosa.

Na tentativa de obtenção de um modelo matemático, para estimação do peso do palmito, optou-se pela CAP em virtude desta variável ser a mais fácil de ser obtida, ajustando-se portanto um modelo matemático do peso em função desta variável. De todos os modelos testados, o melhor foi:

$$\log P = a + b \cdot CAP$$

onde:

log : logaritmo na base 10

P : peso em gramas

CAP : circunferência à altura do peito da palmeira, em cm

a, b : coeficientes do modelo

Aqueles autores concluíram que os resultados obtidos foram satisfatórios, observando que:

- Existe uma relação entre o peso do palmito e a CAP;



- Há uma relação das classes de qualidade com as CAP's e a sua influência nas estimativas de peso, isto é, quanto maior a CAP maior o peso do palmito.

REIS et al. (1987) observaram que um dos aspectos iniciais na exploração das palmeiras, está relacionado com o momento da extração da matéria-prima. Se de um lado busca-se uma estipe que apresente o máximo de palmito possível, do outro lado a economicidade, deve estar baseada no tempo de desenvolvimento desta estipe e nos recursos investidos.

Aqueles pesquisadores acrescentam que estudos preliminares desenvolvidos por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (dados não publicados) mostram valores variando de baixo a medianos para os coeficientes de correlação entre os rendimentos de palmito e suas características fenotípicas (DAP, altura, número de folhas e tamanho de cabeça), sendo que resultados mais consistentes, foram obtidos por FLORIANO (dados não publicados), quando este utilizou uma equação relacionando o volume do palmito com o DAP, estimado a partir do corte de 50 árvores.

Com respeito à observação apresentada por REIS et al. (1987), reportando-se a valores baixos a medianos para coeficientes de correlação entre rendimentos de palmito e suas características fenotípicas, verifica-se a subjetividade da informação tendo em vista que não são definidos os limites para correlação baixa ou mediana.

Para o desenvolvimento do trabalho, a metodologia adotada por REIS et al. (1987) consistiu em observar 99 estipes, numa frente de corte, em um palmital implantado, com idade superior a 12 anos. Nestas plantas, procedeu-se à avaliação das suas características (DAP, diâmetro do creme, etc.), e a classificação dos tipos comerciais, e posteriormente executado o processamento do palmito para a obtenção de conserva.

Com os resultados obtidos, aqueles pesquisadores concluíram que o DAP é uma variável indicativa de volume, de forma aceitável, até que novos estudos venham a ser realizados e desenvolvam-se sistema mais precisos.

NODARI et al. (1987b), enfatizam que o incremento médio anual do palmitero, é uma das grandes preocupações tanto por parte de pesquisadores como de produtores. Tal informação faz-se necessária para o planejamento do manejo, e para a definição das épocas de corte, sendo fundamental também para o cálculo dos custos de produção assim como para a determinação da economicidade de cultivo do palmitero.

Ressalta-se entretanto, que a importância de se dispor do incremento médio anual é uma necessidade historicamente reconhecida para qualquer espécie em quaisquer locais.

Adicionalmente, NODARI et al. (1987c) sugerem também que, para a exploração florestal, não são difíceis sistemas práticos de estimativas confiáveis para determinação do rendimento de uma árvore, porém a situação do palmito é mais complexa, em virtude da parte aproveitável encontrar-se dentro das bainhas, evidenciando-se assim a necessidade de dispor de modelos de estimação, o que permitiria a quantificação do estoque e da produção.

FANTINI et al. (1997), realizaram estudo com o objetivo de obter equações para estimar o rendimento industrial de palmito (creme), em função de características fenotípicas não destrutivas e de características da cabeça do palmitero após seu abate. Como premissas básicas, estes pesquisadores justificaram que a exploração do palmitero (*Euterpe edulis*), é uma atividade de grande importância social nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, constituindo-se em uma fonte de renda quase exclusiva para um grande número de comunidades tradicionais das regiões de ocorrência da Floresta Tropical Atlântica. Adicionalmente, os autores afirmam que a exploração do palmitero, quando assumida como uma atividade empresarial, deve ser

necessariamente, baseada em projeções da produção industrial da floresta, mediante a utilização de equações que permitam estimar a produção comercial a partir de características não destrutivas.

No estudo realizado por FANTINI et al. (1997), foram avaliadas 210 plantas, com diâmetro variando entre 3,0 a 17,4 cm, existentes na Fazenda Intervalles (Fundação Florestal de São Paulo), que está situada no município de Sete Barras, do Estado de São Paulo. Em cada palmeira, foi mensurado o DAP, a altura da estipe (H), o comprimento do palmito, da base da cabeça até a inserção da folha mais jovem (CP), o comprimento da terceira folha mais jovem (C3F), a largura da terceira folha mais jovem (L3F), o comprimento da bainha da folha mais velha (CBV) e o número de folhas (NF). Nas cabeças, após a sua limpeza, foram avaliados o comprimento (CC), diâmetro da base da cabeça (BDC) e o maior diâmetro da parte industrializável (palmito ou creme) (DP) e em seguida, as cabeças foram transportadas para a indústria, objetivando realizar o seu processamento.

Durante o processamento, o palmito foi cortado em toletes de 8 cm, obtendo-se para cada cabeça o número de toletes (NT), o peso de toletes, chamado no trabalho de rendimento de toletes ( $R_{\text{toletes}}$ ), e o peso do subproduto (PS), que é a parte final do palmito que não atingiu o tamanho mínimo de 8 cm ou o diâmetro mínimo de 2,5 cm e que normalmente é picada. O peso dos toletes mais o peso do subproduto foi chamado de rendimento total ( $R_{\text{total}}$ ).

FANTINI et al. (1997) observaram que após a obtenção dos dados, foram calculados os coeficientes de correlação linear simples entre as variáveis medidas e o rendimento industrial de cada planta, e posteriormente testados modelos lineares de regressão, para estimar esse rendimento como uma função das características medidas.

Como resultados, FANTINI et al. (1997), informam que o DAP apresentou excelente associação com o rendimento industrial de palmito, e que esta variável é obtida mais facilmente, e com maior precisão, que as demais. Desta forma, o DAP foi selecionado como regressor para estimar o rendimento de palmito. As equações ajustadas, foram:

$$R_{\text{toletes}} = -18,879 \text{ DAP} + 4,667 \text{ DAP}^2 \quad (R^2 = 0,93)$$

$$R_{\text{total}} = -14,387 \text{ DAP} + 5,299 \text{ DAP}^2 \quad (R^2 = 0,95)$$

onde:

R = rendimento de palmito, em gramas;

DAP = diâmetro da planta, em centímetros.

FANTINI et al. (1997), acrescentam que em relação às características da cabeça do palmito, obtidas após o abate da planta, a que apresentou melhor correlação com o rendimento de palmito foi o diâmetro do palmito ou creme, e ressaltam que esta variável é pouco influenciada pela maneira como opera o cortador, ou seja, é independente do comprimento da cabeça ou do número de bainhas foliares externas deixadas pelo cortador.

As equações ajustadas para estimar o rendimento industrial de palmito foram:

$$R_{\text{toletes}} = -34,022 \text{ DPP} + 29,292 \text{ DPP}^2 \quad (R^2 = 0,96)$$

$$R_{\text{total}} = -13,406 \text{ DPP} + 31,475 \text{ DPP}^2 \quad (R^2 = 0,97)$$

onde:

R = rendimento de palmito, em gramas;

DPP = maior diâmetro do palmito após a sua projeção em relação à extremidade da cabeça, em centímetros.

FANTINI et al. (1997), discutem em suas conclusões, que o diâmetro à altura do peito (DAP) é a melhor variável não destrutiva para estimar o rendimento de palmito de plantas

individuais, por apresentar alta correlação com o rendimento e ser de fácil mensuração e que o maior diâmetro do palmito (miolo ou creme) é a melhor variável para avaliar o rendimento industrial de palmito, a partir de cabeças de palmito.

Diante do exposto, é oportuno ressaltar que embora hajam importantes contribuições apresentadas por KIRCHNER et al. (1987) e FANTINI et al. (1997) em relação ao ajuste de modelos matemáticos para a estimação da produção de palmito, e que os trabalhos realizados por REIS et al. (1987) tenham valioso caráter de pioneirismo, ainda na atualidade o desenvolvimento de modelos de crescimento e de produção, para peso de palmito, constituem-se em uma lacuna na área da pesquisa aplicada.

### **3.6 BIOMASSA**

A biomassa florestal, conforme definição apresentada por ALEMDAG (1980), é a quantidade constituída por organismos no ecossistema florestal em termos de massa.

O termo fitomassa, segundo BRIGADÃO (1992), é usado para medir material seco de planta, que combinado com zoomassa corresponde à biomassa. Embora nesta definição não seja feita menção sobre a unidade de medida do material vegetal seco, BRIGADÃO (1992) deixa implícito que o termo fitomassa, corresponde à medida em termos de massa, obtida em plantas individuais, sejam estas florestais ou não.

MARTINELLI et al. (1994) definem biomassa como a quantidade expressa em massa, do material vegetal disponível em uma floresta.

A noção de biomassa apresentada por MARTINELLI et al. (1994), contém similaridades em relação à definição de fitomassa sugerida por BRIGADÃO (1992), em virtude dos mesmos considerarem como biomassa, a quantidade expressa em massa, do material vegetal em uma floresta. Entretanto, a definição adotada por ALEMDAG (1980), tem uma conotação mais ampla, ao considerar que biomassa florestal é a quantidade em termos de massa, constituída por organismos em um ecossistema florestal

Os aspectos observados na literatura consultada, revelam que os pesquisadores podem utilizar os termos fitomassa ou biomassa para descrever o mesmo atributo, ou também o termo biomassa em um sentido amplo, ou seja: relacionando as medidas em termos de massa de todos os organismos (plantas e animais) vivos ou mortos existentes em um determinado ambiente. Ao refletir sobre o que tem sido reportado pela literatura examinada, o termo biomassa, para efeito deste trabalho, será empregado no sentido restrito, ou seja, referindo-se à fitomassa.

SATOO (1982), observou que uma floresta pode ser definida como um conjunto de árvores ocupando uma certa área de terra e formando um ecossistema juntamente com muitos outros organismos vivos e mortos em um meio inorgânico incluindo o solo mineral e a atmosfera. As florestas são caracterizadas pela acumulação de biomassa e incluem ecossistemas terrestres possuindo a maior biomassa por unidade de área de terra. A biomassa de plantas menores é influenciada pelas do estrato superior, tanto qualitativamente como quantitativamente.

Ainda, segundo SATOO (1982), a produção de biomassa resulta do fato de que para a sobrevivência e crescimento, organismos vivos precisam obter energia e minerais de seu meio ambiente e precisam sintetizar matéria-orgânica. A síntese de matéria-orgânica através da

foto-síntese realizada por plantas verdes em um ecossistema é chamada de produção primária, e a soma total de matéria orgânica produzida pela foto-síntese é chamada de produção bruta. As plantas verdes consomem um pouco do produto da foto-síntese no processo de respiração, e o remanescente é incorporado à matéria da planta: isto é chamado produção líquida. Os valores de produção bruta e produção líquida são usualmente expressos, como peso seco que no caso, são freqüentemente chamados de produção de matéria seca.

MARTINELLI et al. (1994), acrescentam que os componentes de biomassa geralmente estimados são: biomassa viva horizontal acima do solo (*BVHAS*), composta de árvores e arbustos; biomassa morta acima do solo (*BMAS*), composta pela serrapilheira (ou *litter*) e troncos caídos; e biomassa abaixo do solo (*BAS*), composta pelas raízes. A biomassa total (*BT*) é dada pela soma de todos os referidos componentes, ou seja:

$$BT = BVHAS + BMAS + BAS$$

Em geral, *BVHAS*, onde se concentra a maior parte de biomassa, é o componente estimado com maior freqüência.

AVERY & BURKHART (1983), relatam que com a ênfase crescente sobre a utilização completa da árvore e uso de madeira como recurso de energia, tabelas e equações foram desenvolvidas para apresentar os pesos totais de árvores e de seus componentes (troncos, ramos e folhas). Estas tabelas, são geralmente expressas em termos de peso seco e podem incluir somente a porção acima do solo, ou a árvore inteira, inclusive raízes.

PARDÉ (1980), observa que as porcentagens de caules, ramos, folhas e raízes na biomassa total certamente variam consideravelmente dependendo da espécie, idade, sítio, e tratamento silvicultural.

### 3.6.1 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DE BIOMASSA

Segundo HIGUCHI & CARVALHO Jr (1994), os métodos para a obtenção de estimativas de biomassa podem tanto ser diretos como indiretos. Os primeiros, consistem na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em unidades amostrais de área fixa, enquanto que os últimos, são aqueles que baseiam-se normalmente em dados de inventário florestal.

Segundo SALATI (1994), os métodos indiretos são utilizados para estimar a biomassa de áreas florestais de grande extensão e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas outras variáveis, determinado-se assim o valor da biomassa seca por hectare, para então ser feita uma extrapolação para a área total considerada. O pesquisador observa, ainda, que as variáveis comumente disponíveis nos inventários são: os diâmetros medidos nas árvores na altura do peito (DAP), as alturas das árvores e os volumes comerciais de madeira (volume do tronco até o primeiro galho).

No que tange ao procedimento de coleta de dados, quer este seja realizado em pequenas unidades de estudo (parcelas amostrais), ou em grandes áreas, MARTINELLI et al. (1994) observam que ambos apresentam vantagens e desvantagens, dependendo da natureza do estudo que esteja sendo conduzido. Segundo estes pesquisadores, inventários realizados em áreas com grandes dimensões têm a vantagem de serem mais representativos para uma determinada região. Por outro lado, as unidades amostrais nem sempre são escolhidas ao acaso, mas, muitas vezes, pela sensibilidade humana, e portanto podem ser tendenciosas favorecendo a uma determinada qualidade. De qualquer modo, estudos desenvolvidos em unidades amostrais são necessários em casos onde o interesse está no conhecimento de



processos, tais quais a dinâmica dos nutrientes (ciclo de nutrientes) e outros, além de também serem úteis na validação dos resultados dos grandes inventários.

Por outro lado, SATOO (1982), acrescenta que a estimação do peso de vegetação na floresta é uma operação que consome tempo. Frequentemente, este trabalho é realizado em localidades remotas de modo que métodos eficientes precisam ser empregados. Duas situações distintas podem ser consideradas. Uma é a situação típica de pesquisa, em que uma amostra de árvores e vegetação subordinada podem ser pesadas em campo. Alternativamente, pode-se desejar estimar o peso de um povoamento usando equações de predição baseando-se em amostragem sobre uma área geográfica ampla.

OGAWA & KIRA (1977), relatam que estudos japoneses sobre biomassa florestal têm principalmente envolvido o uso extensivo da correlação alométrica entre dimensões diferentes de uma árvore e a assim chamada técnica corte estratificado (*stratified clip*). Segundo estes pesquisadores, a fórmula alométrica foi primeiro introduzida na ecologia florestal quantitativa por Kittredge, que usou o modelo empírico:

$$\log w_L = b \log D - a$$

para estimar a quantidade de folhas por árvore ( $w_L$ ) a partir do DAP (D) do caule.

HIGUCHI & CARVALHO Jr (1994), relatam que para a determinação da fitomassa, o método de coleta é destrutivo e, dependendo do objetivo do estudo, pode ser realizado em parcelas de tamanho fixo ou tomando-se a árvore individual como unidade de amostra. Aqueles pesquisadores observaram que dispondo-se do peso verde de cada árvore, o passo seguinte é ajustar os modelos hipotetizados aos dados observados, e que de forma geral os modelos matemáticos para o ajuste dos dados observados são inspirados nos modelos utilizados para ajuste de volume.

Os modelos mais utilizados para estimativas de biomassa, conforme apresentado por HIGUCHI & CARVALHO Jr (1994), são:

$$PV = a \cdot D^b$$

$$PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2$$

$$PV = a + b \cdot D + c \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2 + d \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$PV = a + b \cdot D^2 + c \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$PV = a + b \cdot D + c \cdot H$$

$$PV = a \cdot D^b \cdot H^c$$

onde:

PV = peso verde em quilogramas

D = diâmetro à altura do peito em centímetros

H = altura total em metros

a, b, c, d = coeficientes de regressão

No exame da literatura pertinente aos métodos para determinação da biomassa pode-se constatar a existência de técnicas específicas associadas aos métodos diretos e indiretos, respectivamente. Dentre as técnicas associadas aos métodos diretos, duas são aqui examinadas, como segue:

**a) Abate e pesagem em uma área pré-definida:**

Segundo SALATI (1994), esta técnica consiste no corte de parte das árvores, e medição do volume e da massa dos indivíduos. O sistema radicial é medido arrancando-se o material do solo por amostragem em áreas determinadas. Geralmente é utilizado para pequenas áreas (entre 0,2 a 1,0 ha), e serve para a “calibragem” das equações utilizadas nas estimativas

indiretas, além de permitir o conhecimento detalhado da biomassa nos diferentes compartimentos da floresta.

A determinação de biomassa, segundo PARDE (1980), pode ser executada através dos seguintes procedimentos: Método da colheita (*Harvest method*) e Amostragem em multi-estágio (*Multi-stage sampling*).

PARDE (1980), acrescenta que no Método da colheita, é possível para períodos idênticos, obter uma estimativa de biomassa de um povoamento completo, e também averiguar relacionamentos de regressão, conectando dados facilmente mensurados com biomassa. Um corte raso é feito primeiro sobre um ponto amostral de uma área conhecida. As árvores derrubadas são mensuradas e pesadas (peso verde e seco). Isto fornece dados exatos de biomassa, para uma área conhecida de um povoamento. Dependendo da maior ou menor irregularidade do povoamento, a determinação da biomassa pode ser concluída utilizando-se informações coletadas em outro ponto amostral.

A amostragem em multi-estágio, segundo PARDE (1980), requer que todos os caules sejam cortados sobre a parcela, e o peso verde total acima do solo seja obtido pela pesagem de todas as árvores segundo classes de tamanho das mesmas. As árvores-amostra são selecionadas para representar os caules maiores, médios e menores. A sub-amostragem de ramos com folhas e um disco do caule é selecionado ao acaso do agregado de árvores amostrais. Os pesos constituintes para a parcela inteira e a razão de peso seco para peso verde é baseada junto das sub-amostras.

PARDE (1980), considera que este método pode ser considerado como uma versão improvisada do método da colheita (*Harvest method*), e é particularmente conveniente para povoamentos de pequenas dimensões, assim como para povoamentos mistos.

**b) Árvores individuais:**

PARDÉ (1980) relata que a determinação de biomassa de árvores individuais, pode ser obtida mediante o Método da árvore média (*Mean tree method*). Primeiro, requer que um inventário de um povoamento florestal tenha sido feito, usando algum critério para descrição da estrutura, como por exemplo, por classes de diâmetro à altura do peito (DAP). Por conseguinte, é uma questão fácil inferir deste inventário, a árvore média do povoamento. Para povoamentos equiâneos e de mesmas espécies, a árvore de área basal média parece ser a melhor. Um certo número de árvores médias (5 a 10 por exemplo) são em seguida derrubadas e suas biomassas mensuradas e os “valores médios de biomassa” para o caule, ramos, etc., são determinados para a árvore média. Multiplicando-se o dado da árvore média pelo número de árvores do povoamento, o total de biomassa é obtido.

Outra técnica para a determinação de biomassa em árvores individuais, é a chamada Técnica do corte estratificado (*Stratified clip technique*) a qual, segundo OGAWA & KIRA (1977), consiste na execução do corte raso em um pequeno ponto amostral no interior da floresta a ser estudada, dividindo-se a parte acima do solo em 10 ou mais estratos paralelos à superfície do solo, e todas as árvores dentro do ponto são cortadas em partes dentro do respectivo estrato, e pesadas as folhas, ramos e caule pertencentes a cada estrato separadamente.

OGAWA & KIRA (1977), acrescentam que freqüentemente as copas de grandes árvores sofrem estragos conforme elas são cortadas e tocam o solo, sendo necessários esforços para restaurar seus aspectos originais e ramificações antes de que seja feita a separação dentro do estrato.

HIGUCHI & CARVALHO Jr (1994), contribuem acrescentando que em campo são obtidos, separadamente os pesos verdes para o tronco, galhos (grossos e finos), folhas e serragens produzidas pela divisão do tronco e galhos. Em seguida, deve-se retirar discos de aproximadamente 3 cm de espessura, tanto do tronco como dos galhos, em diferentes pontos (relativamente ao comprimento total e também um disco na altura do DAP). Todas as amostras do tronco e galhos grossos (discos), galhos finos e folhas devem ser colocadas em estufa até estabilizarem-se em peso para a obtenção do peso seco, tendo em vista que a comunicação sobre fitomassa é sempre feita na base do peso seco e não no verde.

Dentre as técnicas para a determinação de biomassa, relativas ao método indireto, apresenta-se a seguinte:

**a) Regressão:**

Na técnica de regressão, AVERY & BURKHART (1983) ressaltam que para a análise de vários recursos de mensuração pode ser importante quantificar o grau de associação entre duas ou mais variáveis. Tais associações podem frequentemente ser examinadas pela análise de regressão. O tipo simplificado de relacionamento que pode existir entre duas quantidades, pode ser representado por uma linha reta. Assim a regressão linear simples, descreve uma linha reta do relacionamento existente entre duas quantidades: uma *variável dependente*  $Y$  e uma *variável independente*  $X$ . Os autores acrescentam que, frequentemente a variável dependente é associada a mais que uma variável independente, e este relacionamento pode ser estimado pelo uso da análise de regressão múltipla.

CROW (1971), relata que na investigação do relacionamento empírico entre biomassa ( $Y$ ) e um número de variáveis independentes ( $X$ ), seis modelos e curvas foram ajustadas e os coeficientes de correlação calculados. O autor acrescenta, que a proximidade relativa do

relacionamento entre duas variáveis ou a proporção de variância na variável dependente atribuível para variação na variável independente, é usualmente mensurada pelo coeficiente de determinação para relacionamentos curvilíneos. Estes índices usuais de ajuste, podem ser usados para comparar equações com o mesmo padrão de variáveis dependentes mas não são aplicáveis quando o padrão da variável dependente difere.

MARTINELLI et al (1994), justificam que no método direto, a pesagem de todo material é o mais confiável, porém o maior problema é a demanda de tempo e mão-de-obra, tornando os custos muito elevados. Portanto, para a aplicação da técnica de regressão, o procedimento adotado consiste em cortar algumas árvores da área de estudo, e medir os seus pesos, diâmetros à altura do peito, altura e densidade, e posteriormente relacionar estes parâmetros com o peso da árvore, utilizando-se de um modelo matemático, que produza o melhor coeficiente de determinação (maior  $R^2$ ).

### 3.6.2 RELAÇÕES ALOMÉTRICAS

Na contribuição de OGAWA & KIRA (1977), a lei de alometria formula a relação entre duas dimensões diferentes,  $X$  e  $Y$ , como:

$$y = A \cdot x^h$$

onde  $A$  e  $h$  são constantes específicas para cada caso, e podem ser ajustadas para um conjunto de dados experimentais para testar a linearidade entre  $\log y$  e  $\log x$ . Se uma das duas dimensões é difícil de mensurar, enquanto a outra é facilmente mensurável, a relação alométrica pode ser convenientemente usada para estimar a primeira em função da última. No

caso de árvores, o DAP é a variável mais facilmente mensurável e também a mais freqüentemente usada. Assim, para o peso do caule por árvore ( $w_s$ ) a equação alométrica será:

$$w_s = A \cdot D^h$$

Ao utilizar duas variáveis independentes, DAP (D) e altura da árvore (H), na equação alométrica tem-se:

$$w_s = A \cdot (D^2 \cdot H)^h$$

OGAWA & KIRA (1977) acrescentam que o uso de  $(D^2 \cdot H)$  em lugar de D não somente faz a equação aplicável para algumas florestas de mesmas espécies mas também melhora a acuracidade da estimativa.

Para a estimativa de biomassa de ramos, OGAWA & KIRA (1977) relatam que a biomassa por árvore ( $w_B$ ), pode também ser estimada similarmente se as funções alométricas:  $w_B f(D)$  ou  $w_B f(D^2 \cdot H)$  forem estabelecidas pela amostragem destrutiva.

Aparentemente, o peso de ramos de uma árvore varia mais sensivelmente que o peso de seu caule em conformidade com mudanças na estrutura e condições ambientais do povoamento. De fato, a relação  $w_B f(D)$ , diferencia-se consideravelmente mesmo entre povoamentos de uma mesma espécie, porém com estruturas, idades e habitats diferentes. Adotando-se a relação alométrica  $w_B f(D^2 \cdot H)$  ou  $w_B f(w_s)$  como base de estimação, tende para melhorar a situação, contudo a diferença entre povoamentos freqüentemente permanece nas relações:

$$w_B = A \cdot (D^2 \cdot H)^h \text{ ou } w_B = A \cdot w_s^h.$$

SHINOZAKI et al. (1964), citados por OGAWA & KIRA (1977), sugeriram, fundamentados em seu *pipe model theory* de modelo por árvore, que a biomassa de folhas bem como a de ramos por árvores fosse proporcional para a área de seção transversal do tronco

para uma altura exatamente abaixo do nó do ramo vivo mais baixo. De fato, a diferença entre povoamentos na relação alométrica  $w_B f(D)$ , tende a desaparecer quase completamente no relacionamento

$$w_B = A \cdot D_B^h$$

em que o  $D_B$  indica o diâmetro do tronco para a altura específica mencionada.

OGAWA & KIRA (1977), acrescentam que o que tem sido dito em grande parte com respeito a ramos, aplica-se também para folhas. A biomassa de folha por árvore é normalmente mais variável que a massa de ramos.

PARDÉ (1980) acrescenta que para o caso especial de biomassa foliar, os métodos tradicionalmente conhecidos para obtenção de estimativas de biomassa são aceitos, porém apresentando menor exatidão. Eles incluem relacionamentos alométricos, ou outros de diferentes modos.

PARDÉ (1980) salienta que é possível estimar a folhagem como uma porcentagem do volume ou peso do caule, incluindo idade, classe de fertilidade, densidade do povoamento, etc., dentro da estimativa. Outro método completamente diferente consiste em amostrar a queda anual de serrapilheira de um povoamento, pelas médias obtidas regularmente em armadilhas de esvaziamento, porém isto é efetivo para povoamentos em que ocorram muitas espécies decíduas, e menos realizável para florestas onde existe a predominância de espécies perenes.



### 3.7 MODELOS

Um modelo, conforme definição adotada por SANQUETTA (1996), é uma representação física ou abstrata da forma ou função de entidades ou objetos reais, como por exemplo: equações matemáticas de processos fisiológicos, figuras e estátuas.

Na contribuição de SPAIN (1982), um modelo pode ser definido como quaisquer representações de um sistema real, e pode dividir a estrutura ou função do sistema. O modelo pode usar palavras, diagramas, notação matemática, ou estruturas físicas para representar um sistema, e é freqüentemente sinônimo entre conceito, hipótese ou analogia. O autor acrescenta que um modelo não pode representar totalmente o sistema real em cada detalhe, ele precisa constantemente envolver variados graus de simplificação.

Segundo SANQUETTA (1996), de forma geral os modelos podem ser diferenciados em dois grupos: Modelos Conceituais e Modelos Formais. Este pesquisador descreve que os Modelos Conceituais, conhecidos como *internamente representados*, existem na mente do modelador, e fazem parte do processo normal de pensar, ver, sentir e tocar, instrumentos estes que permitem o entendimento do sistema e modelá-lo do modo formal. Por outro lado, os Modelos Formais, conhecidos como *externamente representados*, são expressos por palavras, figuras e equações. Como exemplos de modelos formais podem ser citados: verbais, pictóricos, físicos, fluxogramas, gráficos, matemáticos e simuladores por computador.

Conforme relatado por SPAIN (1982), um modelo matemático resulta da formalização do modelo conceitual em termos quantitativos, usualmente expresso como uma equação descrevendo a resposta de um sistema para alguma variável, ou ainda, o modelo matemático pode também ser derivado de análises estatísticas de dados experimentais, ou pela combinação

destes dois princípios. O modelo matemático pode ser tão simples como uma equação isolada relacionando uma variável com outra, ou pode envolver a interação de muitas equações tendo diversas variáveis mutuamente dependentes.

SPAIN (1982) adiciona que os modelos analíticos são classificados de acordo com o tipo de análise ou derivação teórica sobre a qual eles estão fundamentados. As equações dos modelos podem ser teóricas e empíricas:

- **Equações teóricas**, são aquelas que foram derivadas de considerações analíticas ou pelo menos têm o potencial para derivação analítica, talvez somente por analogia para conhecer processos.
- **Equações empíricas**, são aquelas que expressam relacionamento complexo de causa e efeito entre as variáveis as quais a equação pretende descrever.

AHRENS (1990), após comparar modelos teóricos e empíricos, acrescenta que os modelos teóricos são aqueles desenvolvidos com base em alguma teoria biológica do crescimento (não necessariamente crescimento de árvores ou de povoamentos florestais). Nestes casos, os coeficientes de um modelo matemático são associados a algum fenômeno ou característica biológica, sendo denominados também como modelos biológicos. Esse pesquisador ressalta que os Modelos Teóricos mais freqüentemente utilizados, são o Modelo de Chapman-Richards e o Modelo de Gompertz, os quais têm sido amplamente empregados na ciência florestal, apresentando-se como muito úteis para auxiliar quaisquer esforços que eventualmente possam existir para explicar a produção.

Ainda, segundo AHRENS (1990), os modelos empíricos são derivados estatisticamente, isto é, baseando-se no crescimento passado, e procurando tão somente obter um bom ajuste aos dados. Tais modelos não têm nenhuma fundamentação biológica, porém

são considerados muito úteis para predição do crescimento e podem ser usados para obter interpolações. Como exemplo de modelos empíricos, ressaltam-se os Modelos: de Prodan e o de Schumacher, dentre outros utilizados para a predição do crescimento e da produção.

AHRENS (1990) comenta que embora estudos sobre crescimento de espécies florestais tenham sido desenvolvidos desde o século passado na Europa Central, particularmente na Alemanha e na França, foi somente neste século, e em especial nestas três últimas décadas, que pode-se constatar um vertiginoso crescimento nos esforços de pesquisa na área. Assim, na medida em que a silvicultura de produção vem conquistando importância na manufatura de produtos florestais, cresce também a necessidade de informações quantificadas sobre a disponibilidade de matéria-prima que pode ser produzida por árvores, povoamentos florestais e por florestas inteiras (naturais ou plantadas). Este pesquisador acrescenta que tanto na pesquisa em silvicultura como no planejamento da produção florestal, a disponibilidade de modelos de crescimento e de produção documenta e pode substantiar afirmativas e inferências sobre o crescimento, sobre a produção, assim como sobre a produtividade florestal.

SANQUETTA (1996), acrescenta que o manejo de florestas objetivando a produção de madeira tem muitas similaridades com a produção de qualquer manufaturado, sendo que o componente matéria-prima é de fundamental importância, embora outros fatores da produção (capital e trabalho) também estejam intimamente relacionados com a otimização da atividade florestal como um todo. No planejamento da produção florestal, as tomadas de decisão com o objetivo de otimizar esta atividade, compreendem aspectos quantitativos e qualitativos da madeira, tempo e intensidade das intervenções na floresta, e a continuidade da atividade. Assim, o planejamento da produção florestal, que é a organização estrutural das atividades de produção de madeira (além de outros bens e benefícios oriundos da floresta), utiliza-se de

técnicas analíticas, visando indicar opções de manejo que contribuam da melhor forma para atender aos objetivos do empreendimento e portanto, os métodos e técnicas para predizer o desenvolvimento (crescimento e produção) de povoamentos florestais são de fundamental importância para o manejo florestal.

AVERY & BURKHART (1983) ressaltam que a dinâmica florestal (isto é, o crescimento, mortalidade, reprodução, e mudanças associadas no povoamento) pode ser predita através de métodos diretos ou indiretos. Os métodos diretos, conforme apresentado por aqueles pesquisadores, envolvem observações de campo, onde crescimentos passados e tendências de mortalidade são usadas para inferir tendências futuras nos povoamentos observados. As relações de crescimento diamétrico, mortalidade e ingresso, desenvolvidas através de técnicas de projeção de tabelas de povoamento não são confiáveis por longos períodos de tempo, e as inferências de crescimento passado são limitadas para as condições sob a qual aquele crescimento ocorreu, além dos custos da observação direta serem algumas vezes onerosos. Como exemplos de métodos diretos para predição de dinâmica florestal podem ser citados os Incrementos em Diâmetro e em Altura da árvore, Crescimento Periódico e Médio Anual e Crescimento Passado obtidos de Análise de Tronco Completa.

Os métodos indiretos de predição da dinâmica florestal, isto é, crescimento, mortalidade e quantidades relativas de uma floresta são inferidas do estudo de outras florestas, através do uso de tabelas, equações ou modelos de simulação para computadores. Os prognósticos de crescimento e de produção, podem ser solicitados para uma base de curto ou longo prazo, para o volume completo da floresta ou volume por produto ou classes de tamanho. Como exemplos de métodos indiretos para predição de dinâmica florestal podem ser citados os Modelos de Crescimentos.

Em função da utilização, SANQUETTA (1996) adotou a classificação proposta por VANCLAY (1983) para os modelos de simulação da produção florestal, conforme apresentado:

- **Modelos para povoamentos**

Consideram para efeito de cálculo, o povoamento como um todo, sem consideração de subdivisões neste, ou sem preocupação com cada árvore individualmente.

- **Modelo para classes de povoamento**

Considera, para efeito de cálculo, subdivisões do povoamento, geralmente em classes de diâmetro. É intermediário entre o modelo para o povoamento e o modelo para árvores individuais.

- **Modelo para árvores individuais:**

Cada árvore individual é registrada e tem seu desenvolvimento considerado em separado na modelagem.

- **Modelos não espaciais:**

A distribuição espacial das árvores não é explicitamente levada em consideração.

Nos modelos não espaciais para o povoamento, geralmente o volume é modelado em função de variáveis tais como: idade, índice de sítio e área basal. Observa-se 3 categorias: Modelos de Produção Convencionais (aplicáveis mais para povoamentos puros), Equações de Crescimento e de Produção e Sistemas de Equações.

Os modelos não espaciais para classes do povoamento expressam o desenvolvimento através da descrição da evolução das distribuições diamétricas (ou de outra variável expressando as classes). Observa-se 3 tipos fundamentais: *Funções Probabilísticas*, *Matrizes de Transição* e *Processos de Difusão*.

Nos modelos não espaciais para árvores individuais, onde a unidade básica de modelagem é árvore, e nenhuma informação espacial é inserida ou requerida. A competição entre árvores é correlacionada com as variáveis individuais da própria árvore e das adjacentes, bem como as condições do povoamento. O crescimento, probabilidade de mortalidade e outros atributos individuais são expressos pela competição.

- **Modelos espaciais:**

A distribuição espacial (distância ou perfil) das árvores é explicitamente levada em consideração, e tem o mesmo princípio do modelo não espacial, mas neste caso as distâncias ou perfis das árvores individuais são computados.

### **3.8 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**

SPURR (1952), citado por AHRENS (1990), afirma que enquanto o crescimento está associado ao aumento das dimensões ao longo de um determinado período de tempo, a produção é a quantidade (de madeira, por exemplo) disponível para a exploração em um certo momento. Conforme enfatizado por SPURR (1952), crescimento é portanto, sinônimo de incremento.

AVERY & BURKHART (1983), acrescentam também que crescimento é o aumento (incremento) sobre um dado período de tempo, e a produção pode ser tratada como o somatório dos valores numéricos para o incremento anual total avaliável para colheita para um dado tempo. Estes autores ressaltam que para ser expressivo, valores para crescimento e

produção precisam ser observados para a parte da árvore ou a porção do povoamento considerado.

AHRENS (1990), colabora ainda, observando que a produção fornece uma informação estática, específica para uma determinada ocasião (embora possa assumir diferentes valores absolutos, ao longo do tempo), e o crescimento tem uma conotação ou um significado dinâmico, haja vista que está diretamente associado ao tempo, ou seja ao aumento das dimensões ao longo de um determinado período de tempo.

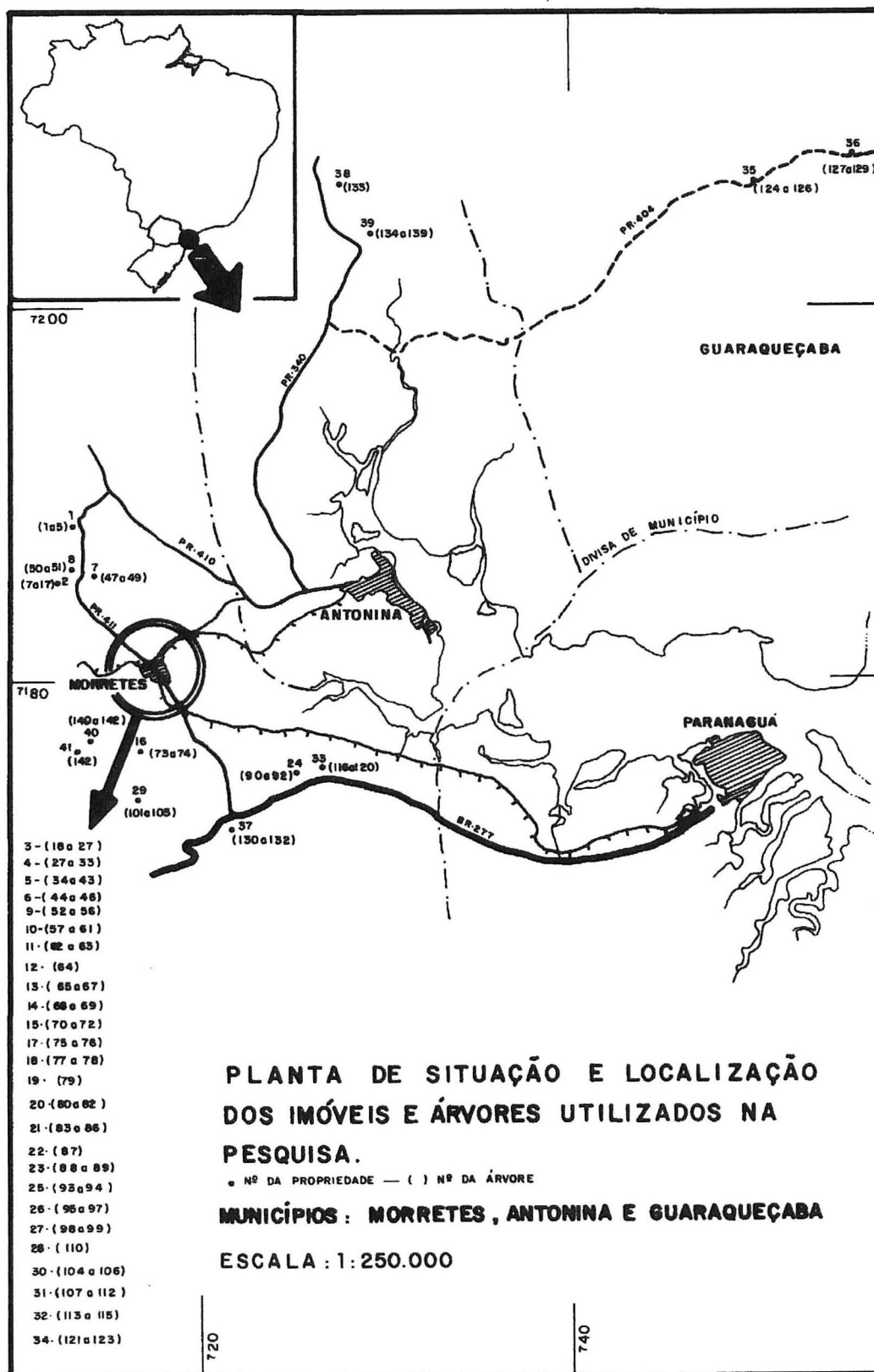
## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 ÁREA DE COLETA DE DADOS**

A área de estudo compreende as zonas urbana e rural dos municípios de Antonina, Guaraqueçaba e Morretes, todos localizados na região litorânea do Estado do Paraná.

Na área de estudo anteriormente definida, foram identificadas propriedades urbanas e rurais nas quais detectou-se a existência de árvores *E. edulis* estabelecidas através do plantio de mudas a céu aberto (árvores individuais plantadas em linha ou formando povoamentos florestais), e cuja idade de plantio fosse conhecida conforme apresentado na (Figura 3).

FIGURA 3: ÁREA DE COLETA DE DADOS





#### 4.1.1 ASPECTOS FISIOGRAFICOS

Segundo o Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR (1984), a região litorânea do Estado do Paraná, consiste em uma estreita faixa montanhosa que afundou por falhamentos complexos, tendo, como consequência direta desse falhamento originado as baías de Guaratuba e Paranaguá, em virtude da ingressão marinha nos antigos vales, que, supostamente estavam na superfície anterior ao referido afundamento. A planície litorânea é constituída de depósitos mistos, continentais e marinhos, sendo que os primeiros comprovam a existência, durante o Pleistoceno, de níveis marinhos consideravelmente mais baixos que o atual. São observados ainda, morros isolados, ilhas e cadeias de elevações, formados de migmatitos, gnaisses e xistos, modelados pela influência de um clima alternadamente seco e úmido, e as areias de praia, têm sua origem ligadas às flutuações climáticas do pós-glacial.

Ainda, conforme descrito pelo IAPAR (1984), com a planície litorânea estão relacionados: Associação Podzol com A hístico + Podzol com A moderado, Solos Hidromórficos Gleizados Indiscriminados e Solos Indiscriminados de Mangue, enquanto que nos morros isolados e cadeias de elevações predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos Álicos, os Podzolicos Vermelho-Amarelos Álicos e os Cambissolos Álicos e Distróficos substrato migmatitos ou gnaisses. Na planície litorânea, as altitudes variam desde o nível do mar até 11 metros, enquanto que os níveis de denudação e aplainamento, que constituem verdadeiros pedimentos, podem ser encontrados até 240 metros.

#### 4.1.2 CLIMA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Conforme dados do IAPAR (1994), o clima da região litorânea do Paraná, segundo a classificação de Koeppen é do tipo **Af**. A letra **A** indica clima pluvial tropical, mês mais frio com média de 18<sup>o</sup> C e a letra **f** sempre úmido, chuva em todos os meses do ano.

Ao clima **Af** (classificação de Koeppen) da região litorânea do Paraná, MAACK (1968), acrescenta a letra **(t)**, como símbolo da zona tropical de transição, mata pluvial tropical sempre úmida, orlas de manguezais marginando as baías, culturas tropicais, região sem geadas noturnas, ou seja **Af(t)** é clima transitório entre dois tipos de climas.

Segundo MAACK (1968), o clima do tipo **Af** ocorre nas altitudes inferiores a 500 m sobre o nível do mar (s.n.m.) e nas altitudes superiores a 500 m s.n.m., ainda na região litorânea ocorre também o clima **Cfa**, segundo a classificação de Koeppen (Figura 4). A letra **C** indica clima chuvoso temperado quente, a letra **f** sempre úmido, chuva suficiente em todos os meses (>1000 mm anualmente e o mês mais seco tem ainda 60 mm de chuvas) e por último, a letra **a** indica que a temperatura do mês mais quente é superior a 22<sup>o</sup> C.

A precipitação, conforme definição adotada pelo IAPAR (1994), é qualquer deposição em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, incluindo granizo, neve, neblina, chuvisco, orvalho e outros hidrometeoros, mas principalmente a chuva. De acordo com os registros meteorológicos do IAPAR (1994), a precipitação total média anual do litoral, corresponde a 2.000 mm, sendo os meses mais secos do ano no período de maio até agosto, com precipitação equivalente a 100 mm, enquanto que os meses mais úmidos ocorrem em janeiro e fevereiro, com 300 mm de precipitação/mês.



além de lianas lenhosas e epífitos em abundância que o diferenciam das outras classes de formações. Sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos que marcam muito bem a “região florística florestal”. A característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25<sup>o</sup> C) e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco.

Ainda, em conformidade com o IBGE (1992), a Floresta Ombrófila Densa, foi dividida em cinco formações, ordenadas segundo hierarquia topográfica, que refletem fisionomias diferentes de acordo com as variações ecotípicas resultantes de ambientes distintos:

- **Floresta Ombrófila Densa Aluvial**

Não varia topograficamente e apresenta sempre ambientes repetitivos nos terraços aluviais dos flúvios. É uma formação com muitas palmeiras no estrato intermediário.

- **Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas**

Corresponde a altitude de até 40 a 50 m s.n.m.. É uma formação que ocupa, em geral, as planícies costeiras.

- **Floresta Ombrófila Densa Submontana**

Situada nas encostas dos planaltos e/ou serras, de 40-50 a 500-700 m s.n.m..

- **Floresta Ombrófila Densa Montana**

Situada no alto dos planaltos e/ou serras, a partir de 500-700 a 1000-1400m s.n.m..

- **Floresta Ombrófila Densa Alto Montana**

Situada acima dos limites estabelecidos para a formação montana.

Na zona litorânea do Paraná, ou seja, inserida na região fitoecológica da Floresta Ombrófila Densa, ocorrem também as **Áreas de Formações Pioneiras**, que de acordo com o

IBGE (1992) distribuem-se ao longo do litoral, nas planícies fluviais e mesmo ao redor de depressões aluvionares que acumulam água (pântanos e lagoas), onde se observa vegetação em constante sucessão, de terófitas, geófitas e as vezes hemicriptófitas. Tratam-se pois, de áreas pedologicamente instáveis, com sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, sob a influência dos processos de acumulação fluvial ou lacustre (comunidades aluviais), marinha (praias e restingas), flúvio-marinha (manguezais e várzeas).

## **4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS**

Preliminarmente, no mês de fevereiro/96, foi realizada uma viagem até a área de estudos, conjuntamente com os orientadores, para avaliação da potencialidade do material a ser trabalhado. Após a identificação da região de trabalho, a coleta de dados ocorreu em duas etapas consecutivas, sendo a primeira durante o mês de agosto/96 e a segunda durante o mês de julho/97.

Na primeira coleta de dados procedeu-se a seleção, identificação e marcação de árvores, adotando-se a seguinte metodologia e sequência de operações:

- Visita e inspeção de propriedades, nas quais pudesse ser detectada a presença de árvores (palmeiros) isoladas ou pequenos povoamentos estabelecidos a céu aberto.
- Uma vez identificada a árvore, procedeu-se rápida entrevista com o proprietário do imóvel, objetivando comprovar a realização do plantio da palmeira, bem como em obter informações sobre a idade da mesma (ano de plantio) pelo proprietário, além da anuência em utilizar o material para o desenvolvimento da pesquisa.

- Obtida a permissão do proprietário, os palmiteiros selecionados foram numerados (para possibilitar identificação futura) e a estipe foi pintada na altura do peito (CAP) que corresponde à altura de 1,30m do solo, e na altura de 60 cm do solo ( $C_{60}$ ). Em seguida, procedeu-se para cada árvore, à mensuração e ao registro em formulários específicos (ANEXO I) das seguintes variáveis:
  - CAP (cm) (circunferência obtida na altura de 1,30m do solo);
  - $C_{60}$  (cm) (circunferência obtida a 0,60m do solo);
  - altura total da árvore (m), considerou-se como altura total, a altura até a inserção da primeira folha;
  - altura da estipe (m);
  - comprimento do colmo (m).

Além das variáveis mencionadas, registrou-se também informações sobre o estado fitossanitário de cada palmeira, presença de floração e/ou frutificação, ano e método de plantio, e características descritivas e identificadoras do imóvel (localização, superfície, se urbano ou rural, e nome do proprietário).

A primeira coleta de dados resultou na identificação e seleção de 142 árvores com idade de plantio entre 1 até 20 anos, distribuídas em 41 imóveis distintos, conforme apresentado na Tabela 1.

A segunda coleta de dados, realizada durante o período compreendido entre 08/07/97 a 18/07/97, consistiu em remensurar e proceder ao corte das árvores identificadas e selecionadas por ocasião da realização da primeira coleta de dados.

**TABELA 1: NÚMERO DE ÁRVORES COLETADAS POR MUNICÍPIO E POR ANO DE PLANTIO**

<b>Município</b>	<b>Ano de plantio</b>																			
	<b>76</b>	<b>77</b>	<b>78</b>	<b>79</b>	<b>80</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>85</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>88</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>
<b>Antonina</b>			4		2									1						
<b>Guaraqueçaba</b>						3										3				
<b>Morretes</b>	10	6	6	2	2	7	1	2	6	6	10	0	10	9	10	2	10	10	10	10

Durante a segunda coleta de dados, foram tomadas, também, as seguintes providências:

- Obtenção da Autorização de Corte nº 083/97 - ERLIT (ANEXO III), junto ao escritório do Instituto Ambiental do Paraná, em Morretes, a qual segundo a legislação pertinente, é necessária para efetuar o abate de palmeiras bem como para poder transportar as cabeças de palmito até uma indústria de conservas;
- Contratação de uma pessoa que realizasse o corte dos palmiteiros, e preparo das cabeças de palmito para transporte até a fábrica, conforme os padrões usualmente adotados pelos produtores da região.

Nas atividades de campo propriamente ditas, quando do retorno em cada propriedade anteriormente mencionada, procedeu-se a nova mensuração das variáveis dendrométricas e ao abate das árvores.

Durante o procedimento para a segunda coleta de dados, adotou-se a seguinte metodologia:

- remensuração das variáveis:

CAP (circunferência obtida na altura de 1,30m do solo),

$C_{60}$  (circunferência obtida a 0,60m do solo),

Altura Total (m) e a Altura de Estipe (m);

- corte do palmito;
- seccionamento do colmo (obtida, aproximadamente, a 15 cm após o término da estipe);
- mensuração da circunferência do colmo;
- preparo da cabeça de palmito, pelo cortador;
- Após o preparo das cabeças de palmito para transporte, foram obtidas as medidas referentes ao peso (g), comprimento da cabeça (cm) e a circunferência (cm) das suas extremidades.

Os valores obtidos em cada árvore, foram registrados nos formulários correspondentes, e as cabeças de palmito numeradas e embaladas em sacos plásticos para transporte. O transporte foi realizado ao final de cada dia de trabalho, até uma indústria de conservas, onde as mesmas foram acondicionadas em ambiente ventilado, visando acumular quantidade suficiente para permitir o processamento do creme de palmito, após a obtenção de seus respectivos pesos e dimensões. A Indústria e Comércio de Conservas Floresta Ltda., com endereço na estrada do Barigui, s/n, no município de Antonina, executou o processamento do creme de palmito.

Das 142 árvores previamente selecionadas, 20 indivíduos com idades de plantio correspondentes a 2 e 3 anos, não foram objeto de corte, pelo fato de ainda não apresentarem produção. Neste caso, procedeu-se somente a remensuração dos seus diâmetros e alturas, para posterior determinação do incremento (ICA) ocorrido no período 96/97, sendo que foi constatada a morte de 1 indivíduo.



Nas 122 árvores restantes, foi possível executar o corte de 91 árvores. Adicionalmente, por ocasião da data do retorno em cada propriedade, as seguintes situações foram constatadas:

árvores mortas : 07;

árvores cortadas: 03;

árvores cujo corte e/ou mensuração não foram permitidos: 21.

A determinação da produção de creme de palmito, resultante de cada palmeira cortada, consistiu em atividades restritas na indústria. A execução de operações realizadas é descrita na sequência:

- descascamento da cabeça de palmito, por um funcionário da indústria;
- obtenção do peso bruto de creme de palmito, em balança com precisão de 1 grama;
- separação entre a porção comestível e a porção fibrosa, segundo o padrão de qualidade da indústria. Este trabalho foi realizado por uma funcionária da indústria, que ao selecionar a porção comestível, simultaneamente efetuava os cortes dos toletes, preparando-os para o envasamento. Tolete é uma porção seccionada do creme comestível do palmito (parte não fibrosa), com 9 cm de comprimento, para o envasamento em vidro.
- obtenção do peso de creme de palmito comercial (comestível), em balança com precisão de 1 grama;
- mensuração do comprimento do creme comestível (cm) de palmito e da circunferência (cm) da base do 1º tolete;
- Em algumas cabeças de palmito realizou-se também, nova obtenção do seu peso bruto para determinação da perda de umidade,
- Obtidos os dados necessários, o creme comestível de palmito foi envasado em vidros e levado para cozimento em tanque de vapor. Após o cozimento, os vidros foram embalados

em caixas para transporte, e a conserva de palmito então produzida, foi devolvida proporcionalmente aos proprietários das árvores cedidas.

Adicionalmente ao procedimento descrito, em 30 árvores executou-se a avaliação de biomassa (fitomassa) mediante a obtenção do peso (kg) de estipe, do colmo, da massa foliar e também o peso total (Tabela 2), de pelo menos duas árvores de cada idade, selecionadas aleatoriamente, no conjunto de árvores, cujos valores mensurados foram registrados em formulário específico (ANEXO II).

Para a determinação de biomassa foi adotado o método para árvores individuais, mediante a aplicação da técnica de “clipping” sem estratificação (simplificada) da palmeira, devido ao interesse ser em obter tão somente os pesos totais de estipe, folhas, colmo e o peso total da palmeira, com vistas a utilização futura para o desenvolvimento de equações de produção de creme de palmito.

Após a realização da mensuração das variáveis dendrométricas, a palmeira selecionada, foi cortada ao nível do solo (altura 0,0 cm), separada em componentes (estipe, colmo e folhas), e realizada a pesagem de cada componente.

Os pesos de estipe, colmo e folhas foram coletados em campo, utilizando-se uma balança do tipo pescador (marca Cauduro) com capacidade para pesar até 20 kg e precisão de 100 g. A determinação do peso total da palmeira foi calculada pelo do somatório dos pesos totais medidos em cada componente da mesma e, devido à capacidade de pesagem da balança utilizada, a estipe foi seccionada em pedaços menores (de até 20 kg) para a efetivação da pesagem.

TABELA 2: ÁRVORES UTILIZADAS PARA DETERMINAÇÃO DE BIOMASSA

Número da árvore	Ano do plantio	Número da Árvore	Ano do Plantio
64	76	22	86
114	77	76	86
115	77	51	88
104	78	83	88
105	78	86	88
140	79	7	89
73	80	133	89
74	80	55	90
1	81	70	90
79	81	72	90
132	82	127	91
89	84	141	91
94	84	48	92
5	85	49	92
68	85	29	93

### 4.3 DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS COLETADAS

As descrições para as variáveis avaliadas conforme apresentadas na sequência, tem como finalidade possibilitar melhor compreensão quanto ao conceito das mesmas.

- **Idade**

É o número expresso em anos, relativo ao espaço de tempo decorrido do plantio (da muda) de cada palmeira;

- **DAP**

É o diâmetro da estipe, em centímetros, medido na altura de 1,30 m a partir do nível do solo. O DAP, foi obtido dividindo-se a CAP (circunferência a 1,30 m) pelo valor de  $\pi$  (3,141592654);

- **D<sub>60</sub>**

É o diâmetro da estipe, em centímetros, medido na altura de 0,60 m a partir do nível do solo. O D<sub>60</sub>, foi obtido dividindo-se a C<sub>60</sub> (circunferência a 0,60 m) pelo valor de  $\pi$ ;

- **Altura Total**

É a altura da palmeira em metros, medida desde o nível do solo até a inserção da primeira folha;

- **Altura de estipe**

É a altura do caule da palmeira, em metros, medida desde o nível do solo até o início do colmo;

- **Comprimento do Colmo**

É o comprimento em metros da parte do palmitero conforme caracterizada por CARVALHO (1994), como seção de cor verde, compreendida entre término da estipe a parte onde nascem as folhas, formada pela base do conjunto de folhas. A dimensão do comprimento do colmo, foi obtida pela diferença entre a altura total e a altura da estipe da palmeira.

Embora na região do litoral do Paraná, esta seção seja denominada popularmente de colmo, o termo não é o correto. Segundo FERRI et al. (1978), colmo é um tipo de caule de nós bem definidos e entre nós maciços (por exemplo: cana-de-açúcar) ou oco (por exemplo: bambu). É o caule típico das gramíneas.

O colmo do palmitero, também é chamado popularmente de “cabeça do palmitero” ou “gomo”, porém neste trabalho foi adotada a denominação popular colmo;

- **Diâmetro do Colmo**

Corresponde ao diâmetro, em centímetros, medido na porção inferior do colmo, localizada entre 10 a 15 cm após ao término de estipe. O Diâmetro do Colmo, foi obtido dividindo-se a sua circunferência pelo valor de  $\pi$ ;

- **Comprimento da Cabeça**

É o comprimento em centímetros, da bainha interna do colmo, que envolve o creme de palmito, ou seja, a porção comestível e não comestível (fibrosa);

- **Diâmetro da Cabeça**

É o diâmetro, em centímetros, medido nas extremidades da cabeça de palmito. O diâmetro das extremidades da cabeça, foi obtido dividindo-se as circunferências das extremidades da cabeça, pelo valor de  $\pi$ :

**Diâmetro Inferior da Cabeça:** é o diâmetro localizado na parte inferior do colmo (próximo à estipe) e,

**Diâmetro Superior da Cabeça:** é o diâmetro localizado na parte superior de colmo (próximo às folhas);

- **Peso da Cabeça**

É o peso total, em gramas, da cabeça de palmito;

- **Diâmetro do Creme**

É o diâmetro, em centímetros, da porção comestível do creme de palmito, coletado na extremidade inferior. O diâmetro do creme de palmito, foi obtido dividindo-se a sua circunferência da extremidade inferior, pelo valor de  $\pi$ .

- **Comprimento do Creme**

O comprimento do creme, em centímetros, corresponde ao comprimento da porção comestível do palmito,

- **Peso Bruto do Creme**

É o peso total do creme, em gramas, incluindo-se a parte comestível e a fibrosa, que foram obtidas após o descascamento da cabeça,

- **Peso do Creme Comestível**

É o peso, em gramas, da porção comestível do palmito, obtida após o descascamento da cabeça e separação da porção fibrosa,

- **Peso de Estipe**

É o somatório dos pesos, em quilogramas, de cada pedaço seccionado da estipe, desde a sua base (ao nível do solo) até o final próximo ao colmo,

- **Peso do Colmo**

É o peso, em quilogramas, do colmo da palmeira,

- **Peso de Folhas**

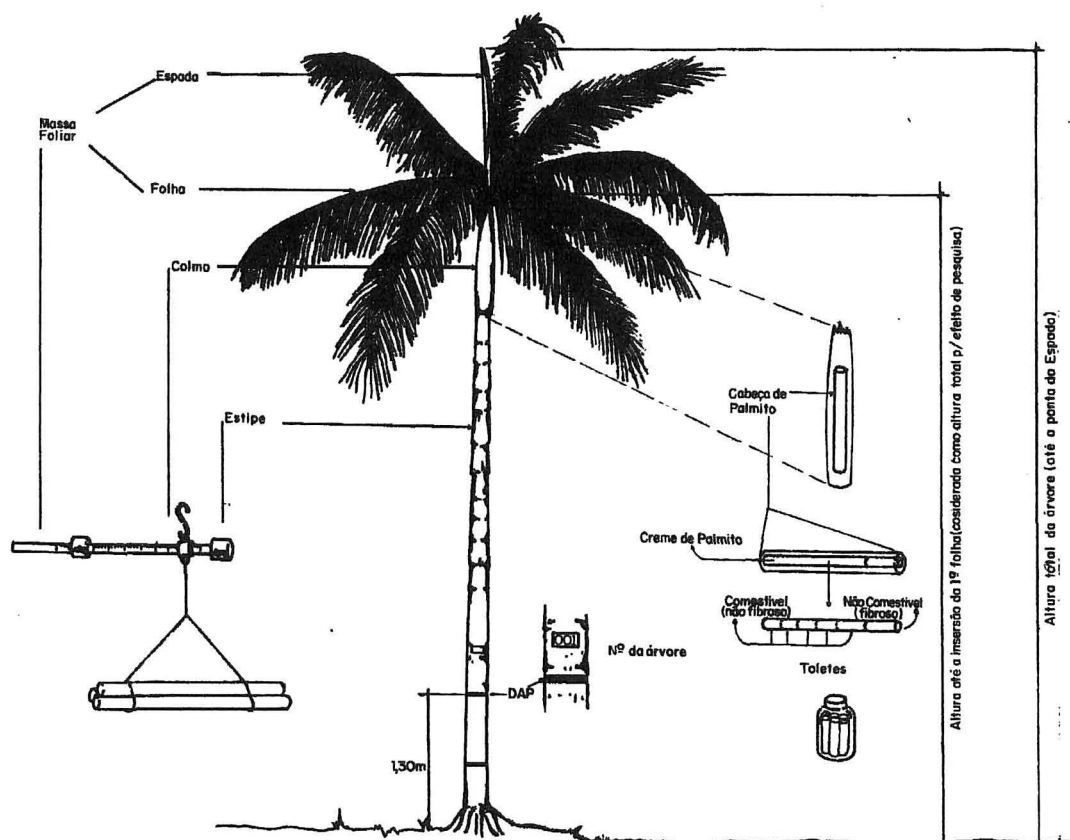
É o peso, em quilogramas, da massa foliar da palmeira,

- **Peso Total**

É o peso total da palmeira, em quilogramas, que foi obtido através do somatório dos pesos da estipe, colmo e de folhas, da mesma.

Na ilustração da Figura 5, é apresentado o perfil esquemático do palmiteiro e suas partes componentes, cuja finalidade é demonstrar a distribuição e localização de cada componente da palmeira, facilitando a compreensão sobre localização de cada variável coletada.

FIGURA 5: PERFIL ESQUEMÁTICO DO PALMITEIRO E SUAS PARTES COMPONENTES



#### 4.4 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS

Os procedimentos adotados para a análise dos dados, consistiram na elaboração de matrizes de correlação entre as variáveis obtidas, seleção de equações de biomassa a partir de variáveis independentes (facilmente mensuráveis) e previamente definidas, e na determinação do crescimento e da produção, através da modelagem do crescimento e análise dos incrementos observados.

#### 4.4.1 MATRIZ DE CORRELAÇÃO

Após a coleta de dados em campo, como procedimento inicial para possibilitar a análise dos dados, foram elaboradas duas matrizes de correlação para conhecer a magnitude da associação existente entre as variáveis mensuradas.

A primeira matriz de correlação foi construída para 15 variáveis mensuradas nos 91 palmiteros cortados. Para a construção da segunda matriz, além das 15 variáveis anteriormente utilizadas, foram adicionadas 4 variáveis (totalizando 19 variáveis) referentes aos valores de biomassa total e parcial, obtidos em 30 palmeiras selecionadas para a avaliação de biomassa.

As variáveis utilizadas para as construção das matrizes de correlação foram: Idade, DAP;  $D_{60}$ ; Altura Total ( $H_{total}$ ); Altura de Estipe ( $H_{estipe}$ ); Comprimento do Colmo ( $L_{colmo}$ ); Diâmetro do Colmo ( $D_{colmo}$ ); Comprimento da Cabeça ( $L_{cab}$ ); Diâmetro Inferior da Cabeça ( $D_{icab}$ ); Diâmetro Superior da Cabeça ( $D_{scab}$ ); Peso da Cabeça ( $P_{cab}$ ); Diâmetro do Creme de Palmito ( $D_{creme}$ ); Comprimento do Creme de Palmito ( $L_{creme}$ ); Peso Bruto do Creme ( $P_{bereme}$ ); Peso Comestível do Creme ( $P_{ccreme}$ ); Peso de Estipe ( $P_{estipe}$ ); Peso do Colmo ( $P_{colmo}$ ); Peso de Folhas ( $P_{folhas}$ ) e Peso total ( $P_{total}$ ).

As matrizes de correlação anteriormente referidas foram elaboradas através do Pacote estatístico STATISTICA versão 5. O cálculo para a obtenção dos valores para o coeficiente de correlação linear simples ( $X_i X_j$ ) é efetuado pela fórmula:



$$r_{x_i x_j} = \frac{\left( \sum_{ij=1}^n x_i x_j - \frac{\left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{j=1}^n x_j \right)}{n} \right)}{(S_{x_i})(S_{x_j})}$$

onde:  $\sum x_i x_j$  é a soma do produto das observações entre a variável da i-énésima linha e a variável da j-énésima coluna

$(\sum x_i)$  é a soma das observações referentes à variável da i-énésima linha

$(\sum x_j)$  é a soma das observações referentes à variável da j-énésima coluna

n é o número de observações referentes a cada variável

$(S_{x_i})$  é o desvio padrão da variável  $x_i$

$(S_{x_j})$  é o desvio padrão da variável  $x_j$

O desvio padrão das variáveis  $x_i$  e  $x_j$  foi calculado pela fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}}$$

onde:  $\sum x^2$  é a soma do quadrado de cada observação referente à variável X

$\sum (x)^2$  é a soma das observações pertencentes a variável x, elevada ao quadrado

n é o número de observações pertinentes à variável x

A estrutura da matriz de correlação é representada conforme segue, observando-se que o valor da diagonal da Matriz Correlação será sempre igual a 1, devido ao fato de dividir a variância por ela mesma, haja vista que o desvio padrão da variável elevado ao quadrado, é a sua própria variância.

VARIÁVEL	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_n$
$X_1$	1				
$X_2$	-	1			
$X_3$	-	-	1		
$X_4$	-	-	-	1	
$X_n$	-	-	-	-	1

Segundo FREESE (1964), o Coeficiente de Correlação ( $r$ ) pode assumir valores que variam desde -1 até +1. Um valor próximo de +1, indica relacionamento positivo forte entre Y e X, enquanto que o valor próximo de -1 indica relacionamento negativo forte, e os valores próximos de 0, podem sugerir relacionamento pequeno ou inexistente entre Y e X. O Coeficiente de Correlação, fornece uma medida do grau de associação linear entre os valores das variáveis Y e X, e este é um de seus usos fundamentais em análise de regressão. Tendo-se observações sobre Y e várias variáveis X, a variável X que tiver a correlação mais forte com Y (mais próxima de 1 ou -1), será a melhor associada com Y na regressão linear simples, e com uma menor variação residual em relação à regressão linear simples de Y sobre alguma das outras variáveis X.

FREESE (1964) acrescenta que um Coeficiente de Correlação baixo, pode sugerir pequena associação, ou relacionamento não linear (que pode ser curvilíneo muito forte) entre os valores observados para as duas variáveis. A Correlação Simples entre Y e as variáveis X, e as variáveis X entre si, podem ser utilizadas para ordenar a seleção de variáveis independentes para serem utilizadas no ajuste de uma regressão múltipla.

Para melhor compreensão do grau de associação entre as variáveis utilizadas na elaboração das matrizes de correlação, os resultados obtidos, foram arbitrariamente divididos em três níveis: Baixa ( $r < 0,6$ ); Média ( $0,6 < r < 0,8$ ); Alta ( $> 0,8$ ).

#### 4.4.2 SELEÇÃO DE EQUAÇÕES DE BIOMASSA

Para efetuar o ajuste dos modelos matemáticos aos dados visando obter estimativas de biomassa, definiu-se como variáveis independentes: Idade, DAP,  $D_{60}$ , Altura Total ( $H_{total}$ ), Altura de Estipe ( $H_{estipe}$ ), e Comprimento do Colmo ( $L_{colmo}$ ), em virtude destas serem facilmente mensuráveis, ou seja, serem obtidas diretamente na árvore (exceto a idade) e, sem necessidade de efetivação de corte. A utilização da idade como variável independente, justifica-se pelo fato desta estar associada ao crescimento ou seja, com o aumento das dimensões da árvore ao longo de um período de tempo, e portanto reflete a produção disponível em um dado período de tempo. Diante do exposto, espera-se que diferentes idades possam representar o valor cumulativo de quaisquer características facilmente mensuráveis ou não em palmiteiros, como por exemplo: DAP, Altura Total, Altura de Estipe, Biomassa (total e parcial), Peso do Creme de palmito, e etc..

Em seguida, para facilitar a comparação entre as variáveis independentes que apresentaram as melhores relações com as variáveis dependentes, os valores de correlação linear simples, obtidos pela segunda matriz de correlação (elaborada para as 30 árvores selecionadas para avaliação de biomassa), foram dispostos em forma matricial, contendo somente as variáveis independentes (anteriormente definidas) e aquelas correspondentes à biomassa, que pretende-se estimar, ou seja as variáveis dependentes: Peso de Estipe ( $P_{estipe}$ ); Peso do Colmo ( $P_{colmo}$ ); Peso de Folhas ( $P_{folhas}$ ) e Peso Total ( $P_{total}$ ).

Para a seleção das variáveis independentes, optou-se por aquelas que apresentaram os maiores níveis de associação com a variável dependente. O critério para a seleção das variáveis

independentes, foi o mesmo adotado na interpretação dos resultados dos valores de correlação obtidos pelas respectivas matrizes de correlação.

Após a seleção das variáveis independentes, foram testados 7 modelos matemáticos, relacionados na seqüência, sugeridos por HIGUCHI & CARVALHO Jr (1994), como os mais utilizados para a obtenção de estimativas de biomassa:

$$\text{Modelo 1} \rightarrow PV = a \cdot D^b$$

$$\text{Modelo 2} \rightarrow PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2$$

$$\text{Modelo 3} \rightarrow PV = a + b \cdot D + c \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$\text{Modelo 4} \rightarrow PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2 + d \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$\text{Modelo 5} \rightarrow PV = a + b \cdot D^2 + c \cdot (D^2 \cdot H)$$

$$\text{Modelo 6} \rightarrow PV = a + b \cdot D + c \cdot H$$

$$\text{Modelo 7} \rightarrow PV = a \cdot D^b \cdot H^c$$

onde:

PV : Peso verde

D; H : São as variáveis independentes do modelo

a; b; c; d : São os coeficientes do modelo

Os coeficientes de cada modelo foram calculados pelo pacote estatístico STATISTICA versão 5. Após calcular os coeficientes para os modelos na forma completa, procedeu-se novo cálculo dos coeficientes para os modelos, agora porém, na forma reduzida (sem o intercepto, ou seja, sem o coeficiente “a”).

Para cada ajuste dos modelos, foi elaborada a análise de variância (ANOVA), utilizando-se o pacote estatístico STATISTICA versão 5, e em seguida efetuou-se o teste de

significância para o intercepto do modelo, ao nível  $\alpha$  de 5% e 1% de probabilidade, através da fórmula:

$$F_{\text{Calc.}} = \frac{(\text{SQRES. Mod reduzido} - \text{SQRES. Mod Completo}) \div n^{\circ} \text{ de coef. eliminados}}{\text{SQRES. Mod completo}}$$

O valor de  $F_{\text{calc.}}$  é comparado com o valor de  $F_{\text{tabelado}}$  (n de coef. eliminado;  $GL_{\text{RES.}}$ ).

Para a seleção do melhor modelo foram realizados os seguintes testes:

- Teste de F, obtido pela ANOVA;
- Teste de Corrida de Sinais, calculado através das fórmulas:

$$\mu = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$\delta^2 = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)}$$

$$z = \frac{\left(u - \mu + \frac{1}{2}\right)}{\delta}$$

onde:  $\mu$  é a média  
 $\delta^2$  é variância  
 $u$  é o número de corridas  
 $n_1$  é o número de sinais positivos  
 $n_2$  é o número de sinais negativos

- Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ), obtido pela ANOVA;
- Erro Padrão da Estimativa (em percentagem) ( $S_{yx}\%$ ), calculado pela fórmula:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(\text{Valor}_{\text{obs.}} - \text{Valor}_{\text{est.}})^2}{n^{\circ} \text{ de obs.} - n^{\circ} \text{ de parametros}}}$$

onde:  $S_{yx}$  é o Erro padrão da estimativa absoluto  
 $\bar{y}$  é a média dos valores observados

$$S_{yx}\% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} 100$$

- Amplitude dos Resíduos (AR), que foi obtido através da diferença entre o maior e o menor valor residual.

Como critério de seleção para o melhor modelo, estabeleceu-se pontuação, para cada teste realizado, atribuindo-se valores variando desde 1 até 7 pontos (em virtude de serem 7 os modelos testados), sendo que o maior valor correspondeu ao pior resultado. Os melhores resultados obtidos nos testes receberam a menor pontuação, e foi eleito como melhor modelo, aquele que obteve a menor soma de pontos. O estabelecimento do melhor resultado referente a cada teste, está fundamentados nas seguintes considerações:

- O Teste de F, é a razão da variância explicada pela regressão entre a variância não explicada (resíduo). Se a razão F calculada excede o valor tabelado de F, a um dado nível de significância, aceita-se a hipótese de que os parâmetros da regressão não são iguais a zero. Um valor elevado para a estatística F, sugere uma relação significativa entre as variáveis dependentes e independentes.
- O Coeficiente de Determinação ( $R^2$  de ajuste), é a proporção da variação total de Y que pode ser explicada pelo modelo de regressão. O  $R^2$  de ajuste, é um número puro que varia de 0 (quando a regressão estimada não explica nada da variação de Y ) até 1 ( quando todos os pontos situam-se na linha de regressão). Portanto, quanto maior é o valor de  $R^2$ , maior será a explicação da regressão para a variável dependente.
- O Erro Padrão da Estimativa ( $S_{yx}$ ), é costumeiramente utilizado como um indicador de precisão, que expressa a variação ocorrida sobre a linha média da regressão, e o Erro Padrão da Estimativa em percentagem ( $S_{yx}\%$ ), expressa esta variação em termos percentuais. Quanto menor o valor de  $S_{yx}\%$ , menor será a variação ocorrida sobre a linha média da regressão, e portanto melhor será o resultado do teste.
- No Teste de Corrida de Sinais, é verificado a probabilidade das corridas terem sido ao acaso. Quanto maior o valor modular do resultado do teste, menor é a probabilidade das

corridas terem sido ao acaso. Portanto, os menores valores (modulares) obtidos na realização deste teste, correspondem aos melhores resultados.

- A Amplitude dos Resíduos refere-se à diferença entre o maior e o menor valor residual, verificado entre Y observado e Y estimado. Os menores valores obtidos, correspondem aos melhores resultados, indicando a menor amplitude de resíduos entre as observações e as estimativas.

Para a obtenção de estimativas de peso da cabeça de palmito, utilizou-se as mesmas árvores, variáveis independentes e, os mesmos modelos matemáticos anteriormente mencionados e utilizados para a obtenção de estimativas de biomassa das palmeiras. Os critérios para o ajuste e seleção dos modelos foram os mesmos anteriormente relatados.

Após o ajuste dos modelos, através da obtenção de seus respectivos coeficientes, procedeu-se à seleção do melhor modelo para cada variável dependente. Adicionalmente, para a validação do modelo selecionado, utilizou-se a variável Peso da Cabeça de palmito, obtendo-se estimativas de peso desta variável, para as 61 palmeiras restantes (que não foram utilizadas para o ajuste dos modelos), totalizando as 91 árvores que foram cortadas.

No procedimento de validação do modelo selecionado, foram adotados os seguintes critérios:

- Realização do cálculo do Erro Padrão da Estimativa (Syx %), para o total de palmeiras cortadas (91 árvores), e cujo resultado foi comparado ao resultado do Erro Padrão da Estimativa (Syx %) calculado para as árvores (30 árvores) que foram utilizadas para efetuar o ajuste do modelo.

- Elaboração de gráfico de distribuição de resíduos % para o total de palmeiras cortadas (91 árvores), e comparação com o gráfico de distribuição de resíduos % elaborado para as árvores (30 árvores) que foram utilizadas para efetuar o ajuste do modelo.

Em virtude da mensuração da biomassa (de estipe, de colmo, de folhas e total) das palmeiras ter sido realizada somente em 30 árvores, os valores observados foram utilizados somente para efetuar o ajuste e a seleção dos modelos matemáticos, e devido a impossibilidade em mensurar a biomassa de todas as árvores cortadas, os dados coletados não foram suficientes para realizar a validação dos modelos selecionados para obter de estimativas destas variáveis.

#### **4.4.3 DETERMINAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO**

##### **4.4.3.1 MODELAGEM DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO**

Para possibilitar a estimativa de peso de creme comestível de palmito, foram desenvolvidas duas etapas consecutivas de análise quantitativa, conforme descrito na sequência:

- obtenção das estimativas das variáveis de fácil mensuração (DAP, Altura Total e Altura de Estipe) em função da idade, ajustando-se o modelo de crescimento (aos dados mensurados no ano de 1997, no ANEXO VIII, 115 observações) com a seguinte estrutura funcional:

$$\text{DAP; Altura Total; Altura de Estipe} = f(I)$$



Nesta etapa foram testados os seguintes modelos:

<b>Modelo</b>	<b>Função Matemática</b>
Chapman-Richards	$Y = a \cdot (1 - \exp(-b \cdot I))^c$
Prodan	$Y = \frac{I^2}{a + b \cdot I + c \cdot I^2}$
Gompertz	$Y = a \cdot \exp(-b \cdot \exp(-c \cdot I))$

onde:

Y é a variável dependente

I é a idade (anos)

a, b, e c, são os coeficientes da equação

Como os modelos de Chapman-Richards e de Gompertz, são Modelos Teóricos, seus coeficientes estão associados a algum fenômeno ou característica biológica, e portanto, apresentam o seguinte significado: o coeficiente “a” representa o valor máximo para a variável estimada, “b” a forma da curva e; o tempo necessário para que ocorra o ápice da curva é proporcional ao valor para o coeficiente “c”.

O modelo de Prodan, é um Modelo Empírico, e portanto, descreve o comportamento das variáveis dependentes sem hipóteses associadas de casualidade ou explanação de um fenômeno, ou seja, os seus coeficientes não tem explicitamente significado considerado biológico, embora o valor do coeficiente “c” seja o valor assintótico do modelo.

Os coeficientes para cada modelo e os respectivos indicadores de ajuste (F,  $R^2_{\text{ajustado}}$ ) foram calculados utilizando-se o pacote estatístico STATGRAPHICS Plus - Versão 7.1, que utiliza o Algoritmo de Marquardt, para a resolução de regressões não lineares. O cálculo do Erro Padrão da Estimativa (Syx %), foi realizado através do programa EXCEL - Versão 5.0.

Normalmente efetua-se o ajuste do modelo sem fixar a sua assíntota, sendo que este é um artifício (estabelecer o valor assintótico) utilizado para atingir um objetivo específico. Para o ajuste do Modelo de Chapman-Richards, aos dados, a sua assíntota não foi fixada.

Dentre os modelos testados, selecionou-se o que apresentou melhor resultado para os indicadores de ajuste (maior valor do teste de F, maior  $R^2$  e menor Syx %), melhor distribuição gráfica de resíduos e também, os valores estimados mais coerentes com os observados ou seja, em relação às médias calculadas em cada idade, para as respectivas variáveis.

Após a seleção do modelo de crescimento apropriado, utilizou-se os valores médios (calculados em cada idade) pertencentes às variáveis anteriormente mencionadas para efetuar novo ajuste do modelo e, os resultados obtidos foram comparados aos do ajuste realizado utilizando-se todas as observações.

- a obtenção das estimativas do peso de creme comestível de palmito a partir das variáveis de fácil mensuração (DAP e Altura de Estipe) em função da idade, ocorreu através do ajuste do Modelo Matemático (aos dados de peso de creme comestível, mensurados durante o ano de 1997) com a seguinte estrutura funcional:

$$PC\ CREME = f(DAP, \text{Altura de Estipe})$$

Com os valores de peso de creme comestível de palmito, ajustou-se a equação de biomassa  $Y = b \cdot DAP + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$ , na forma reduzida (sem o intercepto). Os coeficientes para o Modelo Matemático e os respectivos indicadores de ajuste (F,  $R^2_{ajustado}$ ) foram calculados através do pacote estatístico STATISTICA versão 5, e o Erro Padrão da Estimativa (Syx %), foi calculado através do programa EXCEL - Versão 5.0.

Os dados utilizados para a ajuste do modelo matemático, são provenientes de 110 árvores, sendo que:

- em 91 árvores foi efetuada a medição dos pesos de creme de palmito, em cada indivíduo,
- em 19 árvores com idade de 2 e 3 anos, não houve o corte em virtude de ainda não apresentarem produção de creme de palmito.

A opção pela Altura de Estipe em relação à Altura Total, como variável independente deve-se à pequena diferença da correlação destas variáveis para o Peso do Creme Comestível. Pondera-se que a Altura de Estipe pode ser mensurada com menor susceptibilidade de erros.

Também foi efetuado o ajuste do Modelo de Gompertz aos dados, para a obtenção das estimativas de Peso de Creme de Comestível, diretamente em função da idade. Os coeficientes da função e os indicadores de ajuste ( $F$ ,  $R^2_{\text{ajustado}}$ ) foram calculados através do pacote estatístico STATGRAPHICS Plus - Versão 7.1. O Erro Padrão da Estimativa ( $Syx\%$ ), foi calculado através do programa EXCEL - Versão 5.0., e os resultados foram comparados aos do modelo de biomassa.

Adicionalmente, para a obtenção de estimativas do diâmetro do creme de palmito em função da idade, procedeu-se o ajuste do Modelo Gompertz aos dados, cuja metodologia para a realização do cálculo dos coeficientes e dos indicadores de ajuste ( $F$ ,  $R^2_{\text{ajustado}}$  e  $Syx\%$ ), foi a mesma, anteriormente descrita para a predição do peso do creme comestível de palmito.

Para a predição do Diâmetro do Creme de palmito como função do DAP, procedeu-se o ajuste dos dados ao modelo linear simples  $Y = a + b \cdot X$  (equação da reta), cujos coeficientes do modelo e indicadores de ajuste foram calculados através do pacote estatístico STATISTICA versão 5, e o cálculo do Erro Padrão da Estimativa ( $Syx \%$ ), efetuado através do programa EXCEL - Versão 5.0. A opção pela equação da reta, para a predição do diâmetro do creme de palmito, a partir do DAP, está fundamentada nas seguintes justificativas:

- A relação entre o DAP e o Diâmetro do Creme de palmito, segue uma tendência linear;

- Os valores preditos, foram obtidos tão somente a partir de uma variável que é o DAP, e portanto, o ajuste do modelo aos dados é efetuado de forma simples, através da regressão linear simples, não havendo necessidade de transformação dos dados.

#### **4.4.3.2 ANÁLISE DOS INCREMENTOS E VALIDAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO SELECIONADO**

O procedimento adotado para determinar o crescimento ocorrido durante o período 96/97 foi o seguinte:

- Realização do cálculo do Incremento Corrente Anual (ICA), utilizando-se as mensurações realizadas no ano de 1996 e 1997, para as variáveis DAP, D<sub>60</sub>, Altura Total, Altura de Estipe e o Comprimento do Colmo (ANEXO VIII).

As árvores que por ocasião da segunda mensuração encontravam-se mortas ou cortadas, e também aquelas cujos proprietários não permitiram realizar a segunda mensuração foram desconsideradas e, portanto, seus respectivos incrementos não puderam ser calculados.

O ICA de cada variável, foi obtido pela diferença entre os valores mensurados durante a segunda e a primeira coleta de dados, cujo resultado é expresso na unidade de medida da variável correspondente, como segue:

$$ICA_{DAP} \quad (cm) = DAP_{97} - DAP_{96}$$

$$ICA_{D(60)} \quad (cm) = D_{(60)97} - D_{(60)96}$$

$$ICA_{H \text{ total}} \quad (m) = H \text{ total}_{97} - H \text{ total}_{96}$$

$$ICA_{H \text{ estipe}} \quad (m) = H \text{ estipe}_{97} - H \text{ estipe}_{96}$$

$$ICAL_{\text{colmo}} \quad (m) = L \text{ colmo}_{97} - L \text{ colmo}_{96}$$

- Após a determinação do ICA, efetuou-se o cálculo da média, da variância, do desvio padrão e da amplitude (máxima e mínima), para o DAP, D<sub>60</sub>, Altura Total, Altura de Estipe e o Comprimento do Colmo. Em seguida as variáveis foram agrupadas segundo a idade, realizando-se os mesmos procedimentos anteriormente descritos.

-Adicionalmente, efetuou-se também cálculo da média, variância e desvio padrão para o diâmetro do creme de palmito, peso bruto e comestível do creme de palmito segundo a idade.

As fórmulas aplicadas para efetivação dos cálculos foram as seguintes:

$\text{Média} = \frac{\sum x_i}{n}$	<p>onde: <math>\sum x_i</math> é o somatório dos valores observados para a variável i</p>
$\text{Variância} = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n - 1}$	<p><math>\sum x_i^2</math> é o somatório do quadrado dos valores de todas as observações referentes à variável i</p> <p><math>(\sum x_i)^2</math> é o somatório das observações referentes a variável i, elevado ao quadrado</p> <p>n é o número de observações referentes a variável i</p>

O Desvio Padrão é o resultado da raiz quadrada da variância, e a amplitude máxima refere-se ao maior valor observado para a variável, e a mínima ao seu menor valor.

O critério adotado para a validação dos dados estimados a partir do modelo de produção selecionado, consistiu na construção de um gráfico dos incrementos observados (individuais e médios), para o DAP, Altura Total e Altura de Estipe (do período 96/97), sobre a curva do ICA estimado (obtida pelo modelo de produção), objetivando verificar se os valores observados seguiram a tendência dos estimados.

Adicionalmente, efetuou-se o cálculo da diferença agregada (DA) entre os valores estimados e os valores observados, para avaliar a precisão do ajuste da curva estimada. Nesta avaliação foi realizada através da fórmula:

$$DA = \frac{\sum \text{incremento}_{\text{Estimado}} - \sum \text{incremento}_{\text{Observado}}}{\sum \text{incremento}_{\text{Estimado}}} \cdot 100$$

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MENSURADAS

Para a primeira matriz de correlação, construída para 15 variáveis mensuradas em 91 observações (palmiteiros), obteve-se os resultados conforme apresentados na Tabela 3.

Dentre as variáveis não destrutivas, a Idade e o Comprimento do Colmo, foram as que apresentaram as correlações mais baixas em relação às demais variáveis. Para a Idade, observou-se que os valores mais elevados foram da correlação desta variável com a Altura Total, Altura de Estipe, o Diâmetro do Colmo e o Diâmetro do Creme de palmito, cujos valores de  $r$  variaram entre 0,50 a 0,55. O maior valor de correlação verificado para Comprimento do Colmo foi com a Altura Total ( $r = 0,50$ ).

O DAP apresentou grau de correlação médio (tendendo para alto) para todas as variáveis testadas, principalmente aquelas que compõem a parte aérea da palmeira, e a correlação com a variável  $D_{60}$ , foi alta ( $r = 0,94$ ). Os menores valores de correlação do DAP, foram observados para o Comprimento da Cabeça e o Comprimento do Creme ( $r = 0,56$ ) os quais apresentaram resultados considerados baixos.

A correlação da variável  $D_{60}$  com as demais, manteve comportamento semelhante ao do DAP, porém com valores ligeiramente inferiores.

A variável Altura Total e também a Altura de Estipe, apresentaram valores de correlação que variaram desde médio até baixo para todas as variáveis testadas, e a correlação entre ambas foi alta. Os valores observados para a Altura de Estipe, foram ligeiramente

inferiores em relação àqueles observados para a Altura Total. Os menores valores de correlação observados, tanto para a Altura Total como para a Altura de Estipe, afora a Idade e o Comprimento do Colmo, foram para as variáveis Comprimento da Cabeça e Comprimento do Creme de palmito, que estão situadas na parte aérea da palmeira.

As variáveis situadas na parte aérea das palmeiras apresentaram grau de correlação alto entre si, exceto no caso do Comprimento da Cabeça e também para o Comprimento do Creme de palmito, cujo nível de correlação foi médio.

Através da elaboração da segunda matriz de correlação, construída para 19 variáveis mensuradas em 30 observações (palmiteiros), na Tabela 3, foi possível conhecer o grau de correlação das variáveis que exprimem a biomassa (total e parcial) entre si, e também com as demais variáveis mensuradas.

Em conformidade com os resultados obtidos, observou-se que de todas as variáveis, o Comprimento do Colmo e o Comprimento da Cabeça, foram aquelas que apresentaram graus de correlação mais baixos com o Peso de Estipe, do Colmo, de Folhas e Total, em relação às demais variáveis. A variável Idade também apresentou correlação baixa com as variáveis que exprimem biomassa, e o maior valor verificado foi para a correlação com o Peso do Colmo ( $r = 0,59$ ).

O grau de correlação do DAP foi alto para o Peso de Estipe e Peso Total da palmeira, porém verificou-se que para a parte aérea (Peso do Colmo e Peso de Folhas), o grau de correlação foi médio. A variável  $D_{60}$  apresentou tendência semelhante ao DAP, porém o grau de correlação desta variável para as variáveis Peso de Estipe e Peso Total foi médio, e baixo para o Peso do Colmo e Peso de Folhas.

As variáveis Altura Total e também a Altura de Estipe, apresentaram valores de correlações idênticas para Peso de Estipe, Peso de Colmo, Peso de Folhas e Peso Total. O grau de correlação da Altura Total e da Altura de Estipe foi alto para Peso de Estipe e o Peso Total, médio para o Peso de Colmo e baixo para o Peso de Folhas.

De forma geral, todas as demais variáveis pertencentes à parte área da palmeira também apresentaram correlações altas com os pesos total e parcial, exceto o Comprimento do Creme de palmito, cujas relações com a biomassa total e parcial foram baixas. Entretanto, observou-se que a correlação entre o Comprimento do Creme e o Peso de Folhas foi média.

O Peso do Colmo e Peso de Folhas, foram as variáveis que apresentaram as melhores correlações (nível alto) com os Diâmetros Inferior, Superior e Peso da Cabeça, e o Diâmetro, Peso Bruto e Peso Comercial do Creme, quando comparadas com o Peso de Estipe e Peso Total. Isto pode ser um indicativo de que o Peso do Colmo e o Peso de Folhas mantenham relacionamento estrito com a produção de creme de palmito.



TABELA 3: MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS DO PALMITEIRO (SIGNIFICÂNCIA  $p < 0,05$ ): TRIÂNGULO SUPERIOR PARA 15 VARIÁVEIS E 91 OBSERVAÇÕES E, TRIÂNGULO INFERIOR PARA 19 VARIÁVEIS E 30 OBSERVAÇÕES

	Idade	DAP	D <sub>60</sub>	H <sub>total</sub>	H <sub>estipe</sub>	L <sub>colmo</sub>	D <sub>colmo</sub>	L <sub>cab</sub>	D <sub>icab</sub>	D <sub>scab</sub>	P <sub>cab</sub>	D <sub>creme</sub>	L <sub>creme</sub>	P <sub>bcreme</sub>	P <sub>ccreme</sub>	P <sub>estipe</sub>	P <sub>colmo</sub>	P <sub>folhas</sub>	P <sub>total</sub>
Idade	<b>1,00</b>	0,43	0,33	0,50	0,50	0,20	0,55	0,25	0,47	0,49	0,43	0,55	0,29	0,47	0,47				
DAP	0,43	<b>1,00</b>	0,94	0,70	0,69	0,46	0,77	0,56	0,78	0,79	0,79	0,75	0,56	0,72	0,72				
D <sub>60</sub>	0,32 <sup>ns</sup>	0,87	<b>1,00</b>	0,64	0,62	0,45	0,69	0,50	0,74	0,74	0,74	0,69	0,55	0,67	0,68				
H <sub>total</sub>	0,50	0,67	0,47	<b>1,00</b>	1,00	0,50	0,67	0,54	0,61	0,65	0,66	0,67	0,50	0,67	0,66				
H <sub>estipe</sub>	0,53	0,65	0,45	0,99	<b>1,00</b>	0,41	0,65	0,52	0,59	0,63	0,64	0,65	0,47	0,65	0,64				
L <sub>colmo</sub>	0,07 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,48	0,33	<b>1,00</b>	0,47	0,46	0,46	0,48	0,45	0,44	0,47	0,44	0,46				
D <sub>colmo</sub>	0,64	0,72	0,59	0,59	0,61	0,14 <sup>ns</sup>	<b>1,00</b>	0,63	0,88	0,90	0,84	0,87	0,63	0,79	0,80				
L <sub>cab</sub>	0,04 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,41	0,38	0,32 <sup>ns</sup>	0,38	<b>1,00</b>	0,68	0,68	0,76	0,58	0,48	0,70	0,60				
D <sub>infcab</sub>	0,56	0,62	0,59	0,47	0,46	0,24 <sup>ns</sup>	0,87	0,42	<b>1,00</b>	0,97	0,95	0,90	0,65	0,85	0,87				
D <sub>supcab</sub>	0,48	0,67	0,63	0,48	0,47	0,28 <sup>ns</sup>	0,86	0,44	0,97	<b>1,00</b>	0,93	0,90	0,65	0,86	0,87				
P <sub>cab</sub>	0,41	0,66	0,61	0,51	0,48	0,36	0,81	0,57	0,94	0,94	<b>1,00</b>	0,87	0,63	0,88	0,86				
D <sub>creme</sub>	0,53	0,63	0,61	0,46	0,46	0,18 <sup>ns</sup>	0,81	0,26 <sup>ns</sup>	0,85	0,84	0,79	<b>1,00</b>	0,67	0,87	0,92				
L <sub>creme</sub>	0,15 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,39	0,38	0,22 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,42	0,40	0,40	0,55	<b>1,00</b>	0,62	0,78				
P <sub>bcreme</sub>	0,44	0,66	0,66	0,56	0,54	0,37	0,76	0,50	0,84	0,85	0,92	0,82	0,53	<b>1,00</b>	0,87				
P <sub>ccreme</sub>	0,38	0,47	0,49	0,46	0,45	0,25 <sup>ns</sup>	0,68	0,30 <sup>ns</sup>	0,82	0,80	0,80	0,87	0,77	0,84	<b>1,00</b>				
P <sub>estipe</sub>	0,41	0,84	0,73	0,83	0,83	0,33 <sup>ns</sup>	0,71	0,37	0,62	0,66	0,68	0,64	0,37	0,68	0,59	<b>1,00</b>			
P <sub>colmo</sub>	0,59	0,69	0,56	0,60	0,61	0,17 <sup>ns</sup>	0,94	0,34 <sup>ns</sup>	0,88	0,88	0,83	0,87	0,41	0,78	0,77	0,76	<b>1,00</b>		
P <sub>folha</sub>	0,37	0,64	0,58	0,56	0,54	0,29 <sup>ns</sup>	0,76	0,40	0,85	0,85	0,87	0,85	0,62	0,86	0,90	0,71	0,84	<b>1,00</b>	
P <sub>total</sub>	0,46	0,83	0,72	0,80	0,81	0,31 <sup>ns</sup>	0,81	0,39	0,75	0,78	0,78	0,76	0,45	0,77	0,71	0,98	0,87	0,83	<b>1,00</b>

Através da análise dos resultados obtidos pelas matrizes de correlação (Tabela 3), sugere-se as algumas hipóteses, na tentativa de explicar os fatores que exercem influência no grau de associação entre as variáveis que foram selecionadas para esta pesquisa.

A correlação das variáveis pertencentes à parte aérea da palmeira são mais frágeis em relação às demais. A copa da palmeira tem tamanho pequeno em relação ao tamanho total da árvore, e portanto as suas variáveis seriam mais sensíveis a variações em relação a outras mais robustas, como por exemplo: peso total, altura total e de estipe, etc.. Acrescenta-se ainda, na porção aérea, os processos dinâmicos são mais intensos em relação a outras partes, devido à realização da fotossíntese, ocorrência da brotação e também a queda natural de folhas (ou através de podas), além do estado fitossanitário da copa, e conseqüentemente estes aspectos podem alterar a relação das variáveis ali localizadas com as que situam-se em outras partes.

Embora os valores verificados entre a correlação da idade com as demais variáveis não tenham sido elevados conforme o esperado, este fato pode ser creditado à subjetividade com que a informação foi obtida, e também devido a idade relacionar-se a data (ano) do plantio da muda, não correspondendo à idade biológica da planta.

As diferentes condições de sítio e a diversidade do material genético, são fatores que afetam o desenvolvimento da árvore, influenciam a relação entre as variáveis.

A diferença de tamanho entre as variáveis, e o método de mensuração destas poderá acarretar alterações no grau de associação das variáveis. Por exemplo, a mensuração de diâmetros será mais precisa em relação à medida de alturas ou de diferentes unidades de peso. Isto significa que os erros decorrentes da mensuração do DAP, altura total e de estipe, ou de biomassa total e parcial dos palmitinhos, muitas vezes podem ser imperceptíveis (devido a precisão do instrumento utilizado) e portanto serão insignificantes, enquanto que para as

variáveis com pequenas dimensões como o comprimento, peso bruto e peso comercial, diâmetro do creme de palmito, os mesmos erros aparentemente desprezíveis, poderão ser altamente significativos, e por consequência a correlação entre estas variáveis poderá ser influenciada. Além do aspecto mencionado, ressalta-se que as variáveis com pequenas dimensões, estão mais sujeitas à sensibilidade humana, como no caso do preparo da cabeça de palmito ou mesmo a separação entre a porção comestível e a fibrosa do creme de palmito, onde pequenas diferenças para mais ou para menos, também poderão afetar a correlação destas variáveis com outras.

As considerações apresentadas, foram sugeridas em função dos resultados contidos na Tabela 3, porém para a compreensão perfeita sobre os fatores que afetam o grau de associação entre as variáveis, é necessário conhecimentos aprofundados sobre a biologia e processos fisiológicos de crescimento dos palmiteiros, e infelizmente, não foi constatada a documentação sobre quaisquer contribuições neste sentido, que pudessem ser confrontadas com os resultados obtidos nesta pesquisa. Embora KIRCHNER et al. (1987) e FANTINI et al. (1997), reportem-se em relação a resultados obtidos sobre correlações entre variáveis selecionadas em palmiteiros, o objetivo desses trabalhos foi ajustar modelos matemáticos aos dados, para predição do peso de creme de palmito, e não em sugerir explicações sobre os fatores que influenciam as correlações verificadas para variáveis testadas.

Ao comparar resultados obtidos por KIRCHNER et al. (1987), e por FANTINI et al. (1997), com os obtidos nesta pesquisa, conforme apresentado na Tabela 4 e na Tabela 5, observa-se que as correlações foram similares, entre as variáveis comuns.

Os valores para as correlações entre as variáveis, obtidos por KIRCHNER et al. (1987), comparados aos desta pesquisa, verifica-se que nas associações: Circunferência do

Creme x Circunferência da Cabeça; Comprimento da Cabeça x Altura Total; e da CAP x Altura Total, o nível de correlação foi idêntico, enquanto que para: CAP x Circunferência do Creme e CAP x Circunferência da Cabeça (embora com valores altos), os níveis de correlação obtidos por KIRCHNER et al. (1987) foram diferentes. Ainda, observa-se também que os níveis de correlação do Peso do Creme com as seguintes variáveis: DAP; Altura Total; Comprimento do Creme; Comprimento da Cabeça; Diâmetro Inferior da Cabeça e Diâmetro de Creme, obtidos por FANTINI et al. (1997), foram idênticos aos observados nesta pesquisa, exceto para a relação entre a Altura Total x Peso do Creme.

Salienta-se, entretanto, que a diferença verificada tanto nos resultados obtidos por KIRCHNER et al. (1987) e por FANTINI et al. (1997), em relação aos desta pesquisa, pode ser atribuída à diferença entre as condições de sítio, material genético, número de árvores utilizadas e metodologia empregada.

**TABELA 4: CORRELAÇÃO ( $r$ ) ENTRE VARIÁVEIS DE *Euterpe edulis* Mart., OBTIDOS POR KIRCHNER et al. (1987) E NESTA PESQUISA**

VARIÁVEL	VALOR DA CORRELAÇÃO ( $r$ )	
	KIRCHNER et al. (1987)	nesta pesquisa
comp. da cabeça x CAP	0,71	0,56
CAP x altura total	0,78	0,70
CAP x circ. do creme	0,87	0,75
CAP x circ. da cabeça	0,89	0,78
comp da cabeça x altura total	0,50	0,54
circ. do creme x circ. da cabeça	0,91	0,90

Observação: KIRCHNER et al. (1987), utilizaram valores de circunferências, enquanto que nesta pesquisa utilizou-se valores de Diâmetros

TABELA 5: CORRELAÇÃO ( $r$ ) ENTRE VARIÁVEIS DE *Euterpe edulis* Mart., OBTIDOS POR FANTINI et al. (1997) E NESTA PESQUISA

VARIÁVEL	VALOR DA CORRELAÇÃO ( $r$ )	
	FANTINI et al. (1997)	nesta pesquisa
DAP x peso do creme	0,86	0,72
altura total x peso do creme	0,80	0,66
comp. do creme x peso do creme	0,73	0,78
comp. cabeça x peso do creme	0,49	0,46
D. inf. cabeça x peso do creme	0,92	0,80
D. creme x peso do creme	0,91	0,91

Observação: A variável denominada por FANTINI et al. (1997), como “cabeça”, nesta pesquisa é expressada como “colmo”

## 5.2 SELEÇÃO DAS EQUAÇÕES BIOMASSA

Com os resultados obtidos através da elaboração da matriz (resumidos na Tabela 6), foi possível selecionar as variáveis facilmente mensuráveis cuja correlação com variável dependente (de biomassa) foi a melhor, (segundo os níveis previamente selecionados).

A Idade apresentou coeficiente de correlação ( $r$ ) menor que 0,60, com os pesos: de Estipe, Total, do Colmo e de Folhas, indicando baixa a associação entre estas variáveis. Embora, a baixa correlação verificada possa ter como origem a qualidade do material genético e das condições de sítio, outro fator que provavelmente afeta a associação da idade com as demais variáveis, é o fato de que a idade foi obtida mediante a informação do proprietário sobre a árvore considerada, tal informação além de estar sujeita a imprecisões, é referente à idade do plantio da muda e não à biológica da planta. Por outro lado, é impossível a determinação da idade de palmeiras através dos métodos tradicionalmente conhecidos, como por exemplo, a Análise de Tronco, em virtude das palmeiras não formarem anéis de crescimento.

TABELA 6: CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS INDEPENDENTES E DEPENDENTES EM MODELOS DE BIOMASSA - SIGNIFICÂNCIA PARA  $p < 0,05$  (N=30)

Variável		Valor da Correlação (r)	Nível da Correlação
Dependente	Independente		
<b>Peso de Estipe</b>	Idade	0,41	Baixa
	Comp. do Colmo	0,33 <sup>ns</sup>	Baixa
	D <sub>60</sub>	0,73	Média
	DAP	0,84	Alta
	Altura Estipe	0,83	Alta
	Altura Total	0,83	Alta
<b>Peso Total</b>	Idade	0,46	Baixa
	Comp. do colmo	0,31 <sup>ns</sup>	Baixa
	D <sub>60</sub>	0,72	Média
	DAP	0,83	Alta
	Altura Estipe	0,81	Alta
	Altura Total	0,80	Alta
<b>Peso do Colmo</b>	Idade	0,59	Baixa
	D <sub>60</sub>	0,56	Baixa
	Comp. do colmo	0,17 <sup>ns</sup>	Baixa
	DAP	0,69	Média
	Altura Estipe	0,61	Média
	Altura Total	0,60	Baixa
<b>Peso de Folha</b>	Idade	0,37	Baixa
	D <sub>60</sub>	0,58	Baixa
	Comp. do colmo	0,29 <sup>ns</sup>	Baixa
	Altura Estipe	0,56	Baixa
	Altura Total	0,56	Baixa
	DAP	0,64	Média

O DAP, a Altura Total e a Altura de Estipe, apresentaram alta correlação com o Peso Total e o Peso de Estipe ( $r > 0,80$ ), porém a correlação com as variáveis de biomassa pertencentes à parte área da palmeira, ou seja com o Peso do Colmo e de Folhas, diminuiu sensivelmente, sugerindo que pode haver diferenças entre as relações biológicas da parte aérea e do caule da árvore. Ainda, conforme os resultados da Tabela 6, o grau de correlação do DAP

e da Altura de Estipe, foi médio com o Peso do Colmo ( $0,60 < r < 0,80$ ), e para as demais variáveis a correlação foi baixa.

A correlação do DAP, com a massa foliar foi média, e para as demais variáveis, baixa.

Conhecidas as correlações entre variáveis dependentes e independentes, selecionou-se o DAP e a Altura de Estipe, para a realização dos testes de seleção dos modelos para a obtenção de estimativas de biomassa (pesos totais e parciais) de palmiteiros.

Para os modelos em que o intercepto não foi significativo (ANEXO VII), este coeficiente foi retirado, conforme apresentado na Tabela 7, e considerou-se como apropriado o modelo ajustado na forma reduzida.

**TABELA 7: SIGNIFICÂNCIA DO INTERCEPTO DOS MODELOS TESTADOS PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE BIOMASSA**

Modelo	Variável Dependente			
	Peso de Estipe	Peso do Colmo	Peso de Folhas	Peso Total
1) $PV = a.D^b$	23,08 <sup>**</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	10,32 <sup>**</sup>	8,54 <sup>**</sup>
2) $PV = a+b.D+c.D^2$	0,89 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
3) $PV = a+b.D+c.(D^2.H)$	0,85 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
4) $PV = a+b.D+c.D^2+d.(D^2.H)$	0,05 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
5) $PV = a+b.D^2+c.(D^2.H)$	2,44 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	2,18 <sup>ns</sup>
6) $PV = a+b.D+c.H$	30,59 <sup>**</sup>	5,28 <sup>*</sup>	2,65 <sup>ns</sup>	21,44 <sup>**</sup>
7) $PV = aD^b.H^c$	7,39 <sup>*</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>

Obs.: \*\* = Altamente significativo; \* = significativo; ns = não significativo; PV = peso verde

O resultado dos testes realizados como indicadores de ajuste para modelos testados visando obter estimativas de biomassa, são apresentados na Tabela 8.

Como critério de seleção do melhor modelo, estabeleceu-se uma pontuação para cada indicador de ajuste, atribuindo-se o maior valor ao pior resultado. O modelo mais apropriado para a obtenção de estimativas parcial e total de biomassa da palmeira, foi aquele cuja somatória de pontos obteve o menor valor.

TABELA 8: RESULTADO DOS INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE BIOMASSA

Variável Dependente	Modelo	Resultado dos Indicadores de Ajuste				
		F	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>	Syx%	AR	TCS
Peso de Estipe	1	135,85	0,8230	25,31	66,67	0,9595
	2	287,52	0,9502	23,84	64,47	1,8058
	3	<b>1083,37</b>	<b>0,9863</b>	<b>12,72</b>	<b>28,68</b>	0,9268
	4	716,92	0,9862	12,77	30,30	0,9268
	5	1026,48	0,9856	13,06	28,72	0,9268
	6	155,51	0,8370	17,58,	42,08	1,2018
	7	185,22	0,9270	15,76	35,26	<b>0,8494</b>
Peso do Colmo	1	<b>1392,50</b>	0,9789	39,90	23,33	-1,2805
	2	140,87	0,9031	34,24	21,67	-1,2805
	3	160,28	0,9139	<b>32,28</b>	22,17	-0,4657
	4	103,63	0,9112	61,06	22,23	-2,0439
	5	159,68	0,9136	60,95	<b>11,53</b>	-1,2805
	6	14,32	0,4787	33,14	21,81	-0,7685
	7	1026,50	<b>0,9856</b>	35,36	25,23	<b>0,2915</b>
Peso de Folhas	1	40,22	0,5749	72,21	22,13	0,2116
	2	141,4774	0,9035	69,57	<b>20,78</b>	0,4899
	3	149,72	0,9084	<b>67,80</b>	21,20	-0,0445
	4	96,44	0,9052	68,98	21,20	-0,0445
	5	143,54	0,9048	<b>67,80</b>	21,20	-0,0445
	6	136,63	0,9004	70,67	21,50	<b>0,0388</b>
	7	<b>1143,03</b>	<b>0,9870</b>	70,10	21,70	1,4260
Peso Total	1	102,24	0,7773	24,11	82,84	1,2018
	2	301,98	0,9525	23,51	78,56	1,2018
	3	693,81	0,9788	<b>15,71</b>	<b>69,07</b>	<b>-0,1858</b>
	4	488,69	0,9803	15,91	69,24	0,9290
	5	647,88	0,9773	16,24	69,56	0,4264
	6	57,80	0,7966	18,59	72,49	0,4264
	7	<b>11149,88</b>	<b>0,9986</b>	16,84	71,35	<b>0,1858</b>

Obs.: AR=Amplitude dos Resíduos; TCS= Teste de Corrida dos Sinais

O  $R^2_{ajustado}$ , é o  $R^2$  corrigido para o número de coeficientes, ou seja, simboliza a eliminação devida a equações com números de coeficientes diferentes. Portanto, o  $R^2_{ajustado}$  permite comparação entre modelos, na mesma proporção da variação explicada pela regressão.

Na Tabela 9, pode ser observado o resultado da pontuação obtida, pertencente a cada modelo matemático testado para cada componente de biomassa da palmeira.



**TABELA 9: PONTUAÇÃO PARA OS INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS, PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE BIOMASSA**

Variável Dependente	Modelo	Pontuação dos Indicadores de Ajuste					Soma dos pontos
		F	R <sup>2</sup>	Syx%	AR	TCS	
<b>Peso de Estipe</b>	<b>1</b>	7	7	7	7	3	21
	<b>2</b>	4	4	6	6	5	25
	<b>3</b>	1	1	1	1	2	6
	<b>4</b>	3	2	2	3	2	12
	<b>5</b>	2	3	3	2	2	12
	<b>6</b>	5	6	5	5	4	25
	<b>7</b>	6	5	4	4	1	20
<b>Peso do Colmo</b>	<b>1</b>	1	2	5	6	4	18
	<b>2</b>	5	6	3	2	4	20
	<b>3</b>	3	3	1	4	2	13
	<b>4</b>	6	5	7	5	5	28
	<b>5</b>	4	4	6	1	4	19
	<b>6</b>	7	7	2	3	3	22
	<b>7</b>	2	1	4	7	1	15
<b>Peso de Folhas</b>	<b>1</b>	7	7	6	5	3	28
	<b>2</b>	4	5	3	1	4	17
	<b>3</b>	2	2	1	2	2	9
	<b>4</b>	6	3	2	2	2	15
	<b>5</b>	3	4	1	2	2	12
	<b>6</b>	5	6	5	3	1	20
	<b>7</b>	1	1	4	4	5	15
<b>Peso Total</b>	<b>1</b>	6	7	7	7	4	31
	<b>2</b>	5	5	6	6	4	26
	<b>3</b>	2	3	1	1	1	8
	<b>4</b>	4	2	2	2	3	13
	<b>5</b>	3	4	3	3	2	15
	<b>6</b>	7	6	5	5	2	25
	<b>7</b>	1	1	4	4	1	11

Obs.: AR=Amplitude dos Resíduos; TCS= Teste de Corrida dos Sinais

Em conformidade com os resultados apresentados na Tabela 9, verifica-se que o modelo matemático 3 (na forma reduzida) ou seja:  $PV = b \cdot D + c \cdot (D^2 \cdot H)$ , foi o que apresentou o melhor ajuste dos dados para obtenção de estimativas de biomassa para todas as variáveis (Peso de Estipe, Peso do Colmo, Peso de Folhas e Peso Total) para árvores individuais de *E. edulis* Mart..

Na Tabela 10 são apresentadas as equações matemáticas para as estimativas de biomassa total e parcial. Os valores observados e suas respectivas estimativas, para cada componente da palmeira, são apresentados no ANEXO IV.

TABELA 10: MODELO AJUSTADO PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE PESO (kg)

Variável Dependente	Modelo
Peso de Estipe	$P_{\text{estipe}} = 0,661708 \cdot \text{DAP} + 0,061549 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$
Peso do Colmo	$P_{\text{colmo}} = 0,578823 \cdot \text{DAP} + 0,012659 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$
Peso de Folhas	$P_{\text{folhas}} = 0,616103 \cdot \text{DAP} + 0,005690 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$
Peso Total	$P_{\text{total}} = 1,857408 \cdot \text{DAP} + 0,080249 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

Os modelos anteriormente testados para estimar a biomassa total e parcial de palmiteiros, também foram utilizados para a realização de testes com objetivo de selecionar o mais apropriado para fornecer estimativas de biomassa (peso) para a cabeça de palmito. Naqueles em que o teste de significância para o intercepto não foi significativo (ou seja, quando o valor de  $F_{\text{calculado}}$  é menor que o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ ), este coeficiente foi retirado, conforme observado na Tabela 11, e resultados da ANOVA e dos cálculos do teste de significância do intercepto para cada modelo são apresentados no ANEXO VII.

Os resultados de cada indicador de ajuste são apresentados na Tabela 12

TABELA 11: SIGNIFICÂNCIA PARA O INTERCEPTO DOS MODELOS TESTADOS PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DO PESO (g) DA CABEÇA DE PALMITO

Modelo	Variável Dependente -Peso da Cabeça
	Valor do intercepto
1) $PV = a \cdot D^b$	33,77 <sup>**</sup>
2) $PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2$	0,28 <sup>ns</sup>
3) $PV = a + b \cdot D + c \cdot (D^2 \cdot H)$	0,11 <sup>ns</sup>
4) $PV = a + b \cdot D + c \cdot D^2 + d \cdot (D^2 \cdot H)$	0,48 <sup>ns</sup>
5) $PV = a + b \cdot D^2 + c \cdot (D^2 \cdot H)$	1,97 <sup>ns</sup>
6) $PV = a + b \cdot D + c \cdot H$	1,99 <sup>ns</sup>
7) $PV = a \cdot D^b \cdot H^c$	29,08 <sup>**</sup>

Obs.: \*\* = Altamente significativo; \* = significativo; ns = não significativo; PV = peso verde

TABELA 12: RESULTADO DOS INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE PESO PARA A CABEÇA DE PALMITO

Variável Dependente	Modelo	Resultado dos Indicadores de Ajuste				
		F	R <sup>2</sup> <sub>ajustado.</sub>	Syx%	AR	TCS
Peso da cabeça	1	24,9489	0,4522	27,28	2255	-0,5574
	2	215,3507	0,9346	27,12	2220	-0,5574
	3	215,2841	0,9345	27,12	2190	-0,0766
	4	140,6050	0,9332	27,42	2186	-1,6722
	5	205,3396	0,9316	27,73	2205	-1,6722
	6	197,1251	0,9290	28,26	2309	0,9082
	7	12,8809	0,4504	27,71	2240	0,9082

Seguindo o critério de seleção anteriormente descrito, com os resultados constantes na Tabela 13, foi possível selecionar o melhor modelo para a obtenção de estimativas de biomassa (peso) da cabeça de palmito.

Em conformidade com os resultados apresentados na Tabela 13, o modelo matemático 3, na forma reduzida, foi o que o melhor ajustou-se aos dados para a obtenção de estimativas

do peso da cabeça de palmito. O modelo com os coeficientes calculados é apresentado na sequência:

$$P_{\text{cabeça}} = 110,043009468 \cdot \text{DAP} + 0,547596734 \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$$

Os pesos observados e os estimados para a cabeça de palmito, são apresentados no ANEXO V.

**TABELA 13: PONTUAÇÃO PARA OS INDICADORES DE AJUSTE DOS MODELOS TESTADOS PARA OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DE PESOS PARA CABEÇA DE PALMITO**

Variável Dependente	Modelo	Pontuação dos Indicadores de Ajuste					Soma dos pontos
		F	R <sup>2</sup>	Syx%	AR	TCS	
<b>Peso da cabeça</b>	<b>1</b>	6	6	2	6	2	22
	<b>2</b>	1	1	1	4	2	9
	<b>3</b>	2	2	1	2	1	8
	<b>4</b>	5	3	3	1	4	16
	<b>5</b>	3	4	5	3	4	19
	<b>6</b>	4	5	6	7	3	25
	<b>7</b>	7	7	4	5	3	26

Obs.: AR=Amplitude dos Resíduos; TCS= Teste de Corrida dos Sinais

Com o do modelo matemático selecionado para a predição do peso de cabeça de palmito, obteve-se as estimativas desta variável para as 91 árvores que foram cortadas, ANEXO VI, sendo que em 30 árvores as observações referentes ao peso da cabeça de palmito foram utilizados para ajustar o modelo, e nas 61 árvores restantes, estes dados não foram utilizados no ajuste do modelo. Os valores observados e estimados, referentes ao peso da cabeça de palmito, para o número total de árvores cortadas, foram utilizados para a elaboração do cálculo do Erro Padrão da Estimativa (Syx%) e na construção de gráfico de distribuição de resíduos, cujos resultados foram comparados aos obtidos para as 30 árvores utilizadas no ajuste do modelo matemático.

O valor do Erro Padrão da Estimativa (Syx %), calculado para 30 árvores foi 27,12%, enquanto que o calculado para todas as árvores foi 30,24%. Observa-se que o valor do Erro Padrão da Estimativa (%) aumentou quando foi estimado o peso da cabeça de palmito para todas as árvores, porém a diferença de elevação da percentagem é de pouca magnitude, representando apenas uma diferença de 3,12%. Comparando-se os valores absolutos do Erro Padrão da Estimativa, verifica-se que o erro sobre a linha média da regressão referente às 30 árvores utilizadas para o ajuste do modelo foi de 458,81 g, enquanto que para todas as árvores o erro foi 498,73 g, ou seja uma diferença de 39,92 g, que considerada em termos de valor absoluto, para o peso da cabeça de palmito, é praticamente desprezível.

As Figuras 6 e 7, expressam a distribuição dos resíduos em valores percentuais. O resíduo percentual, é a diferença em percentagem entre o valor realmente observado e aquele predito pela equação de regressão, pertencente a cada árvore.

Através da análise dos gráficos de distribuição de resíduos em percentagem (resíduos %) (Figura 6 e Figura 7) observa-se que:

- a distribuição dos resíduos foi homogênea para o ajuste efetuado para as 30 árvores;
- tanto para as 30 árvores como para as 91 árvores, os valores preditos apresentam sub-estimativas de até 30% e super-estimativas de até 50% em relação aos valores observados, verificando-se ainda, a presença de alguns pontos considerados como *outliers*;
- Na distribuição dos resíduos % das figuras 6 e 7, os valores preditos tendem a serem superestimados em relação aos observados.

A presença de *outliers* conforme verificado na Figura 7, provavelmente é influenciada pela impossibilidade em realizar o controle sobre as condições de sítio, bem como sobre o material genético utilizado no desenvolvimento desta pesquisa. Segundo DRAPER & SMITH

(1966), *outlier* entre os resíduos é um valor pontual que está notadamente afastado do resto dos resíduos, e caracteriza-se como uma peculiaridade indicando que este ponto não é típico do resto dos dados.

FIGURA 6: ANÁLISE DE RESÍDUOS (EM PERCENTUAIS) PARA O MODELO 3 - PESO DA CABEÇA (DE 30 ÁRVORES)

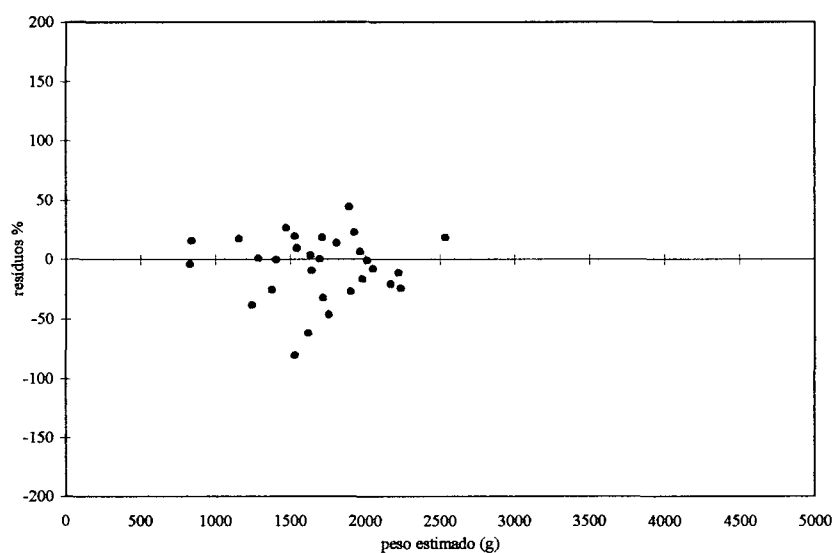
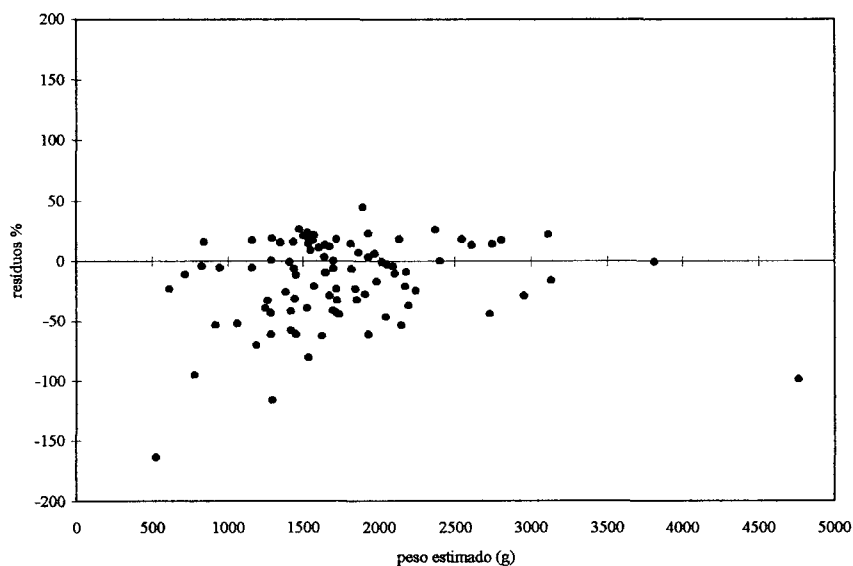


FIGURA 7: ANÁLISE DE RESÍDUOS (EM PERCENTUAIS) PARA O MODELO 3 - PESO DA CABEÇA (DE 91 ÁRVORES)



O conhecimento sobre a correlação existente entre as variáveis de uma árvore, consiste em um instrumento de grande utilidade para a obtenção de predições de variáveis de difícil mensuração, em função de outras facilmente mensuráveis, através da análise de regressão.

Pela análise da correlação existente em um conjunto de variáveis, pode-se quantificar o grau de associação entre estas, e consequentemente selecionar aquelas que são obtidas com maior facilidade, para a obtenção de estimativas em relação à variável desejada (geralmente de difícil mensuração), através de um modelo matemático.

Em árvores de *Euterpe edulis* Mart., o interesse concentra-se principalmente em obter estimativas do peso do creme de palmito. Entretanto, esta variável localiza-se na parte aérea, a sua dimensão é pequena em relação ao tamanho total da árvore e o método tradicional de obtenção consiste em destruir (corte) a palmeira. Os aspectos mencionados, caracterizam o peso do palmito como uma variável de difícil mensuração e portanto, para obtê-la sem destruir a árvore, esta variável deverá ser estimada a partir de outras facilmente obtidas, mediante o emprego de técnicas de análise de regressão, para ajustar os modelos matemáticos aos dados que produzam estimativas mais fidedignas possíveis.

Assim, a análise preliminar da correlação entre as variáveis, é fundamental para definir as variáveis independentes do modelo que estão melhores correlacionadas com a dependente.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, antes de proceder à seleção do melhor modelo para obtenção de estimativas de biomassa (total e parcial) para *Euterpe edulis* Mart., efetuou-se primeiro a análise da correlação entre as variáveis coletadas. Dentre as variáveis que apresentaram maior grau de relacionamento com as que exprimem biomassa, foram o DAP, a Altura Total e a Altura de Estipe, onde optou-se pela altura de estipe em detrimento da

altura total, devido à sua maior facilidade de mensuração. Portanto o DAP e a Altura de Estipe, foram selecionadas como as variáveis independentes para os 7 modelos testados.

### **5. 3 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO**

#### **5.3.1 AJUSTE DE EQUAÇÕES DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO AOS DADOS DE PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO**

Para possibilitar as estimativas de peso de creme comestível de palmito, foram desenvolvidas duas etapas de análise quantitativa, sendo que na primeira obteve-se as estimativas das variáveis de fácil mensuração (DAP, Altura Total e Altura de Estipe) como função da Idade, e na segunda etapa, as estimativas de peso comestível de creme de palmito foram obtidas a partir das variáveis facilmente mensuráveis (DAP e Altura de Estipe) estimadas em função da Idade.

As observações pertencentes às variáveis: DAP, Altura Total e Altura de Estipe, foram utilizadas para proceder o teste e ajuste dos Modelos de Produção (Modelo de: Chapman-Richards, Prodan e Gompertz) aos dados.

Os coeficientes calculados para os Modelos de Chapman-Richards, Prodan e Gompertz, para a obtenção de estimativas do DAP, da Altura Total e da Altura de Estipe, em função da Idade e seus respectivos indicadores de ajuste, são apresentados na Tabela 14.



Ainda, conforme apresentado na Tabela 14, o resultado do teste de F foi significativo para os 3 modelos testados, e os maiores valores foram verificados para o modelo de Chapman-Richards. Os valores obtidos para  $R^2_{\text{ajustado}}$  e Syx % foram similares em todos os modelos, reassaltando-se entretanto, que para os modelos de Chapman-Richards e de Gompertz, houve discreta superioridade em relação ao modelo de Prodan.

É oportuno ressaltar, que ao ajustar modelos matemáticos, aos dados, através de técnica de regressão não linear, deve haver cautela em relação à escolha das “sementes” (vetores parâmetros). A utilização de sementes inadequadas, pode gerar coeficientes que propiciarão estimativas absurdas para a variável dependente, e por consequência, induzir a opção equivocada sobre o modelo matemático considerado apropriado.

TABELA 14: MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS, PRODAN E GOMPERTZ: COEFICIENTES E INDICADORES DE AJUSTE PARA VALORES OBSERVADOS EM DAP, ALTURA TOTAL E EM ALTURA DE ESTIPE EM FUNÇÃO DA IDADE

<b>Modelo de Chapman-Richards</b>						
Variável Dependente	Coeficientes			Indicadores de Ajuste		
	a	b	c	F	$R^2_{\text{ajustado}}$	Syx%
DAP	12,07687100	1,38938100	132,359629	942,028	0,790210	21,91
Altura Total	8,12498914	0,41306433	4,62630442	1589,634	0,659516	31,57
Altura de Estipe	6,81151911	0,47795159	7,75277828	1099,359	0,650319	37,33
<b>Modelo de Prodan</b>						
Variável Dependente	Coeficientes			Indicadores de Ajuste		
	a	b	c	F	$R^2_{\text{ajustado}}$	Syx%
DAP	2,73901239	-0,44883148	0,09738819	742,244	0,736446	24,56
Altura Total	5,54324942	-0,64022060	0,14120509	457,214	0,648345	31,62
Altura de Estipe	9,01640935	-1,10879331	0,17907847	339,120	0,643513	37,69
<b>Modelo de Gompertz</b>						
Variável Dependente	Coeficientes			Indicadores de Ajuste		
	a	b	c	F	$R^2_{\text{ajustado}}$	Syx%
DAP	12,075419	138,0625160	1,3972190	941,979	0,790199	21,91
Altura Total	7,8765447	11,4589384	0,6042230	451,665	0,654468	31,80
Altura de Estipe	6,7507340	10,5336979	0,5315201	344,973	0,648971	37,40

Ao analisar a distribuição residual para os modelos testados, observa-se, através das Figuras 8 a 16, que os resíduos para os valores preditos para variáveis estimadas pelos Modelos de Chapman-Richards, de Prodan e de Gompertz, apresentaram distribuição homogênea.

FIGURA 8: MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DAP

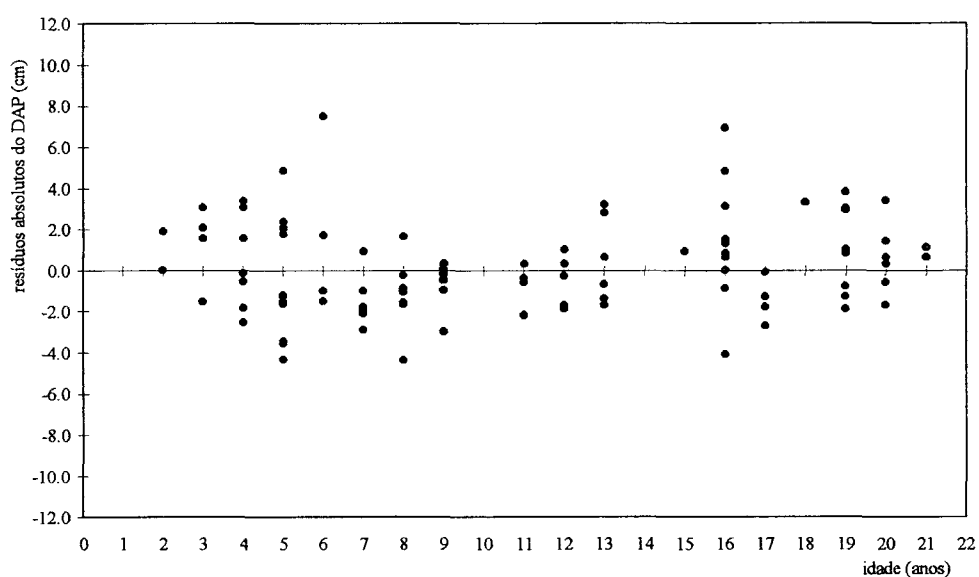


FIGURA 9: MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA TOTAL

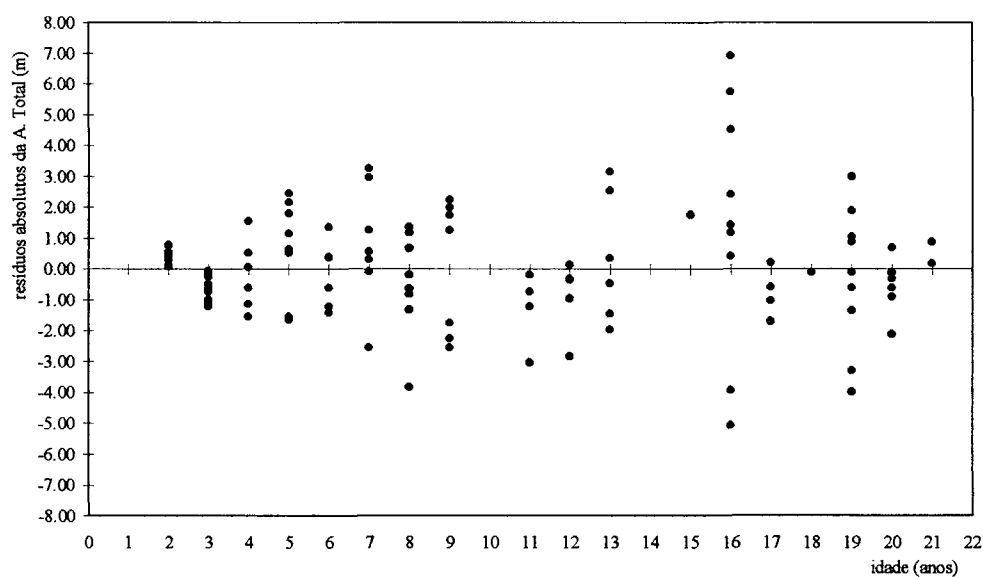


FIGURA 10: MODELO DE CHAPMAN-RICHARDS: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA DE ESTIPE

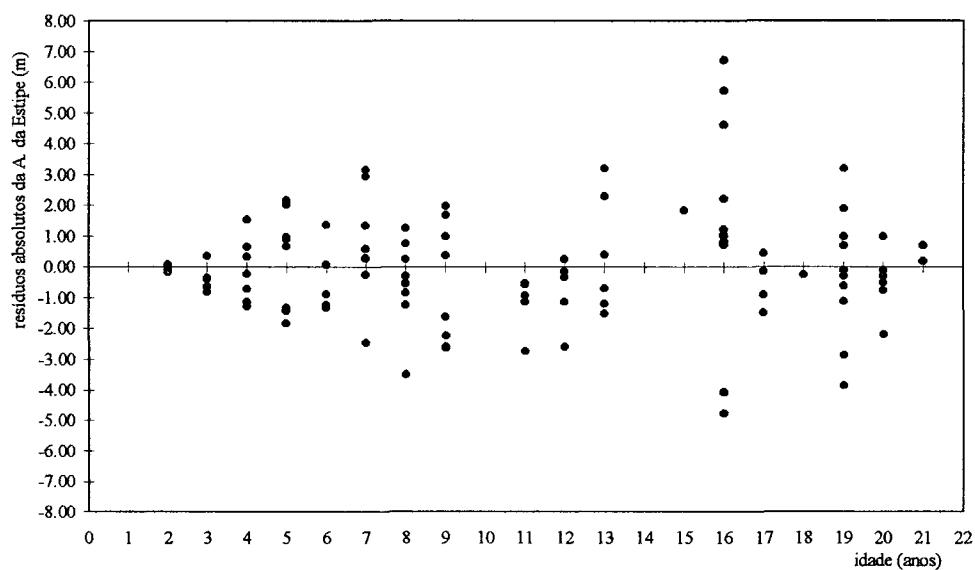


FIGURA 11: MODELO DE PRODAN: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DAP

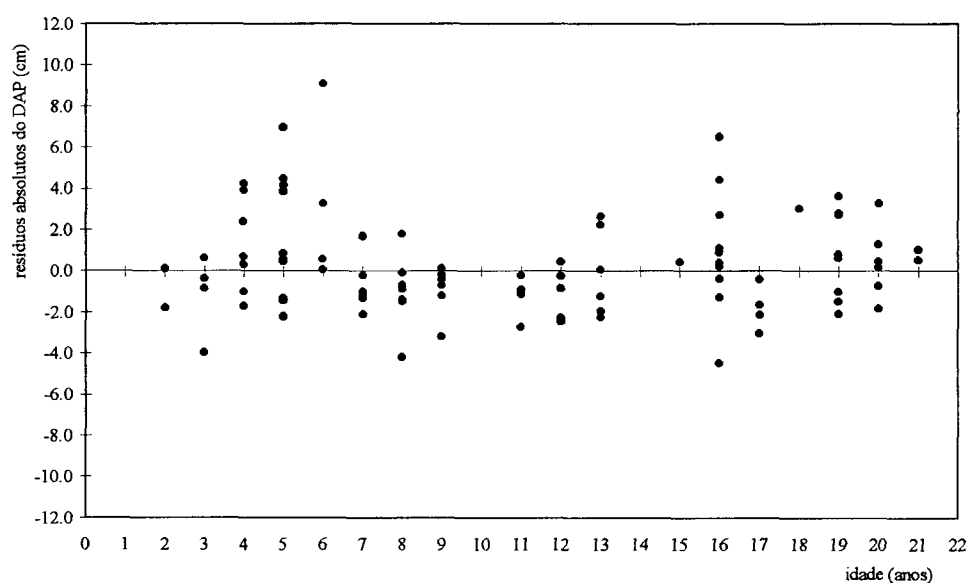


FIGURA 12: MODELO DE PRODAN: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA TOTAL

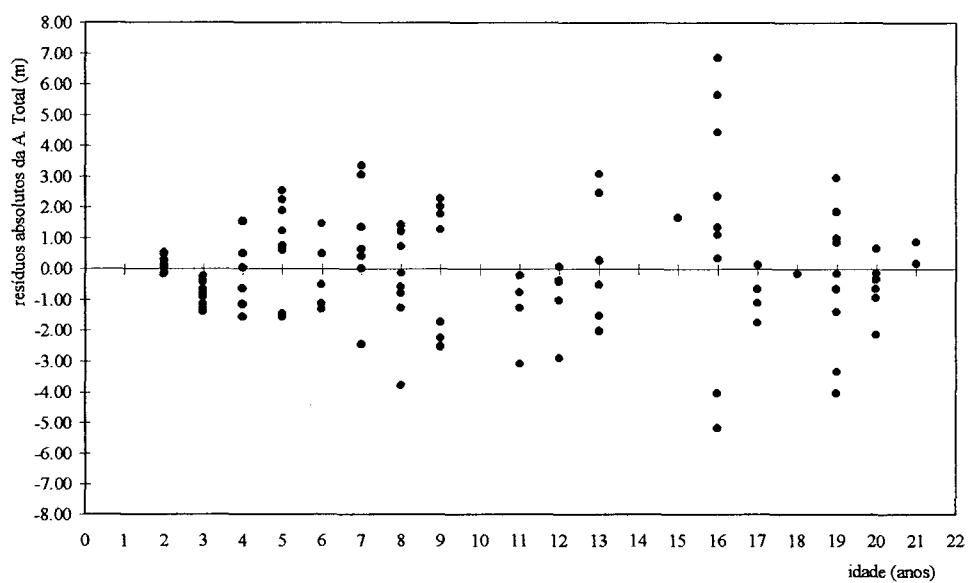


FIGURA 13: MODELO DE PRODAN: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA DE ESTIPE

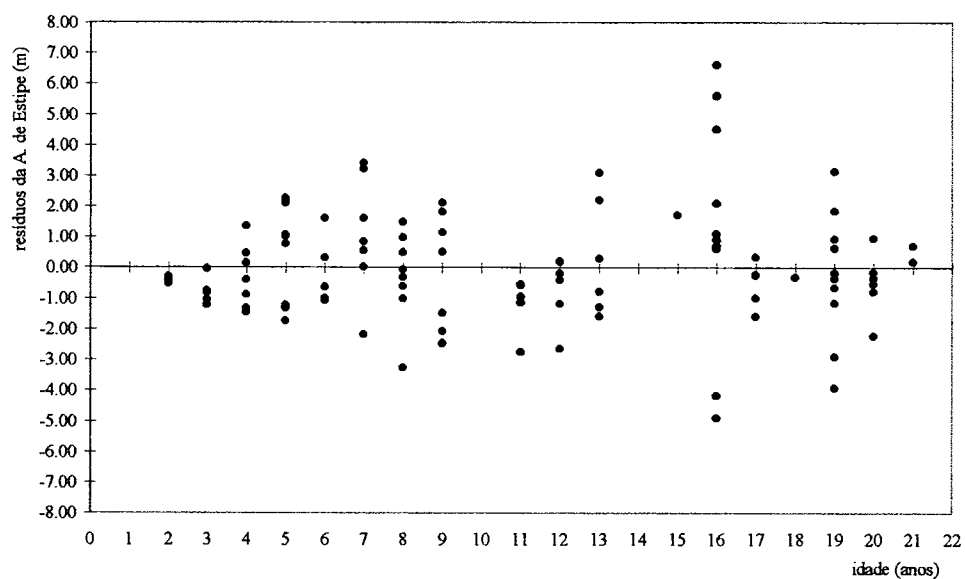


FIGURA 14: MODELO DE GOMPERTZ: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DAP

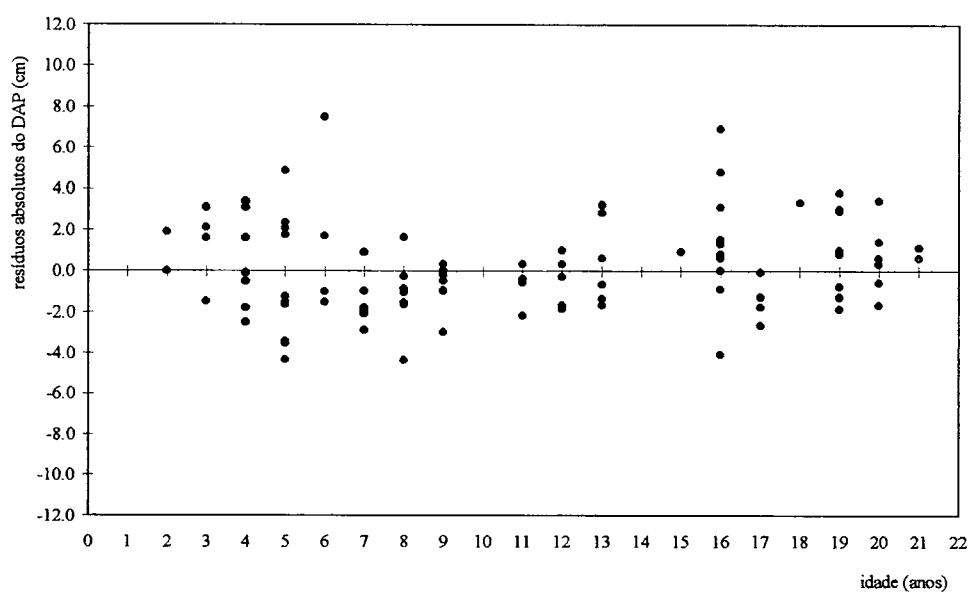


FIGURA 15: MODELO DE GOMPERTZ: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA TOTAL

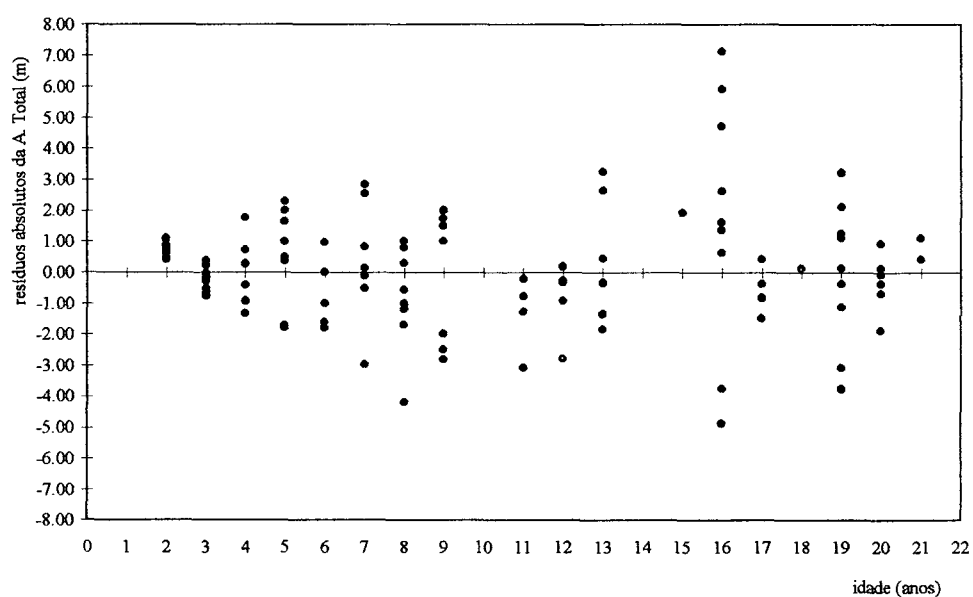
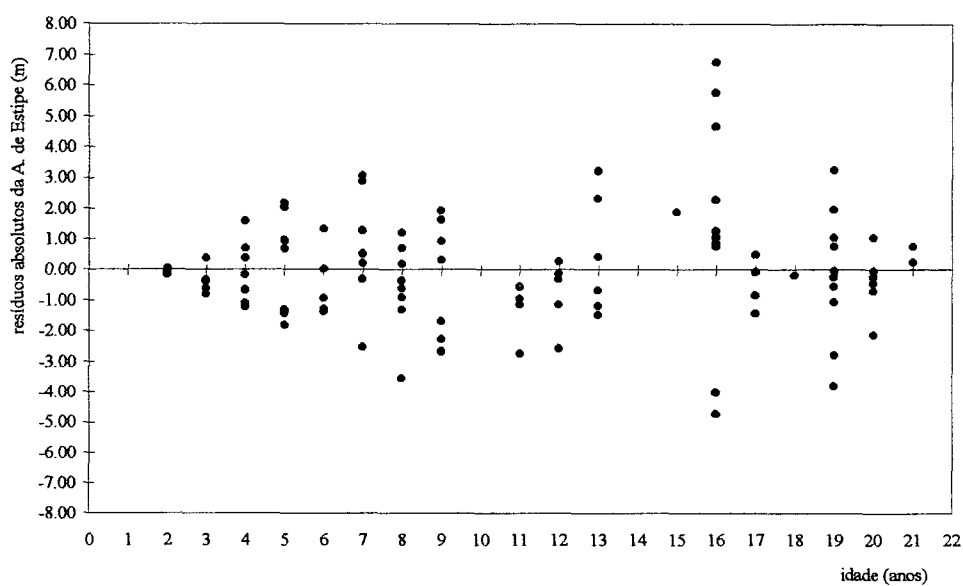


FIGURA 16: MODELO DE GOMPERTZ: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA DE ESTIPE



Comparando-se os valores médios observados em cada variável com os valores preditos pelos modelos testados, apresentados na Tabela 15, observa-se que as estimativas obtidas através do Modelo de Chapman-Richards e do Modelo de Gompertz, foram as mais coerentes com os valores observados, enquanto que as estimativas obtidas através do modelo de Prodan, que diminuíram na medida em que a idade aumentou.

**TABELA 15: VALORES MÉDIOS OBSERVADOS E VALORES ESTIMADOS PELOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS, PRODAN E GOMPERTZ**

Idade (anos)	Variável											
	DAP (cm)				Altura total (m)				Altura de estipe (m)			
	Valor Médio Observado	Chapman -Richards	Prodan	Gompertz	Valor Médio Observado	Chapman -Richards	Prodan	Gompertz	Valor Médio Observado	Chapman -Richards	Prodan	Gompertz
2	0,4	0,0	1,8	0,0	0,99	0,57	0,83	0,26	0,11	0,16	0,53	0,18
3	1,3	1,5	4,0	1,5	1,03	1,67	1,84	1,21	0,29	0,82	1,23	0,80
4	7,7	7,2	6,4	7,2	2,71	3,04	3,05	2,83	1,85	1,97	2,15	1,92
5	10,2	10,6	8,5	10,6	4,96	4,34	4,26	4,51	3,86	3,23	3,14	3,23
6	12,7	11,7	10,1	11,7	5,12	5,42	5,31	5,80	3,93	4,33	4,09	4,37
7	10,4	12,0	11,2	12,0	7,06	6,24	6,14	6,67	5,95	5,16	4,89	5,23
8	10,9	12,1	11,9	12,1	6,38	6,83	6,77	7,19	5,23	5,74	5,51	5,81
9	11,4	12,1	12,3	12,1	7,06	7,25	7,22	7,49	5,62	6,13	5,98	6,18
11	11,5	12,1	12,6	12,1	6,62	7,73	7,76	7,76	5,46	6,54	6,54	6,55
12	11,6	12,1	12,7	12,1	7,00	7,83	7,91	7,81	5,85	6,64	6,70	6,63
13	12,6	12,1	12,6	12,1	8,30	7,95	8,02	7,84	7,10	6,71	6,80	6,68
15	13,0	12,1	12,6	12,1	9,80	8,05	8,02	7,87	8,60	6,77	6,89	6,73
16	13,5	12,1	12,5	12,1	9,55	8,07	8,14	7,87	8,20	6,79	6,90	6,74
17	10,6	12,1	12,4	12,1	7,31	8,09	8,15	7,87	6,27	6,80	6,89	6,74
18	15,4	12,1	12,4	12,1	8,00	8,10	8,15	7,88	6,56	6,80	6,88	6,75
19	12,8	12,1	12,3	12,1	7,79	8,11	8,14	7,88	6,60	6,81	6,86	6,75
20	12,7	12,1	12,2	12,1	7,55	8,12	8,13	7,88	6,33	6,81	6,84	6,75
21	13,2	12,1	12,2	12,1	8,65	8,12	8,11	7,88	7,25	6,81	6,82	6,75

Nas Figuras 17 a 19, pode-se visualizar as curvas de produção para o DAP, Altura Total e para a Altura de Estipe, obtidas através do ajuste dos Modelos de Chapman-Richards, Prodan e de Gompertz, aos dados.

O Modelo de Chapman-Richards é o modelo teórico mais freqüentemente utilizado na pesquisa sobre crescimento e produção, conforme observado por AHRENS (1990), ao relatar que estudos conduzidos por diversos pesquisadores fizeram uso desta função, e na presente pesquisa o mesmo apresentou bom ajuste para os dados em análise.

O Modelo de Chapman-Richards, em relação ao conjunto de dados utilizados nesta pesquisa, foi flexível para a modelagem do crescimento e da produção de árvores de *Euterpe edulis* Mart., indicando que o mesmo pode ser apropriado para esta espécie.

O Modelo de Prodan, que é empírico, e portanto seus coeficientes não têm significado biológico, e devido ao fato de ser um modelo hiperbólico, a tendência do valor assintótico foi decrescente, ou seja, os valores estimados tenderam para decrescer ao longo do tempo, o que não é admissível para as variáveis em estudo.

O Modelo de Gompertz, o qual é também um modelo teórico, não apresentou os inconvenientes observados para o Modelo de Prodan, e em relação ao conjunto de dados utilizados, foi flexível para a modelagem do crescimento e da produção de árvores de *Euterpe edulis* Mart., indicando também pode ser apropriado para esta espécie.

Diante dos aspectos ressaltados, evidencia-se que o Modelo de Gompertz e Modelo de Chapman-Richards, foram flexíveis para modelar a produção de árvores de *Euterpe edulis*. Embora estes modelos não sejam específicos para palmeiras, isto é, não foram desenvolvidos considerando-se especificamente os processos fisiológicos intrínsecos ao crescimento de monocotiledôneas, os mesmos poderão representar satisfatoriamente a produção desta espécie.



Adicionalmente, SANQUETTA (1996) observa que embora a equação de Chapman-Richards seja amplamente usada na ciência florestal, ela não é específica para árvores, ou seja, o principal problema está nas suas hipóteses alométricas que podem ser típicas de animais e plantas de pequeno porte, mas não são para árvores, e disso decorre que ela pode não ser inteiramente satisfatória para aplicações em simulação florestal. Este pesquisador argumenta que o desenvolvimento de uma equação de crescimento biológica para árvores seria muito interessante, porém difícil.

Na análise das curvas de crescimento apresentadas nas Figuras 17 a 19, verifica-se que para as estimativas obtidas, o crescimento em diâmetro foi acelerado até a idade de 5 anos, diminuindo a velocidade até a idade de 7 anos, quando então, atingiu a estabilidade. Para a Altura Total e a Altura de Estipe, o crescimento foi acelerado até a idade de 11 anos, e a partir desta idade as curvas tornaram-se suaves até atingir a estabilidade.

FIGURA 17: EVOLUÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM DAP, ESTIMADA PELOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS, PRODAN E GOMPERTZ

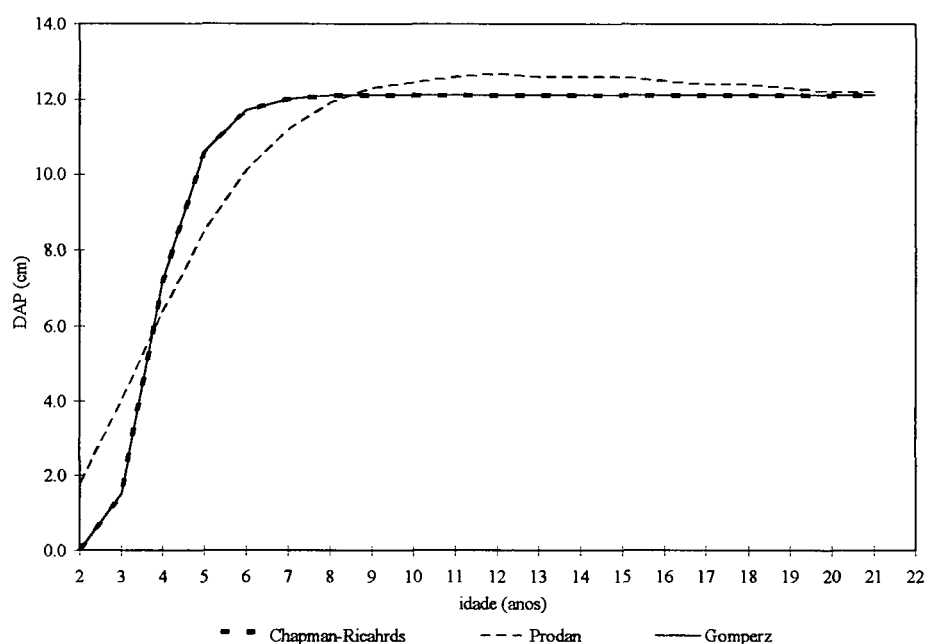


FIGURA 18: EVOLUÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM ALTURA TOTAL, ESTIMADA PELOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS, PRODAN E GOMPERTZ

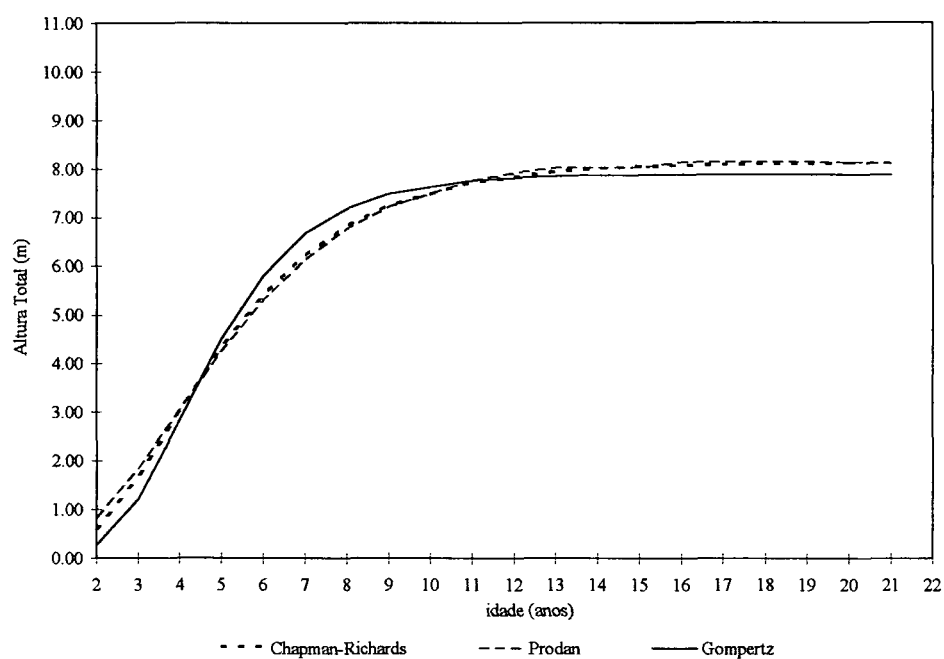
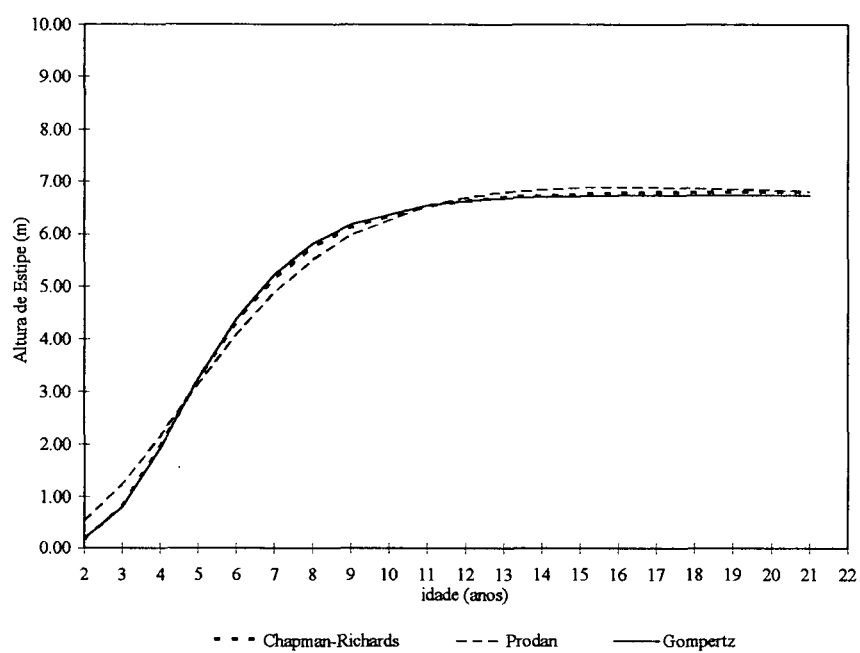


FIGURA 19: EVOLUÇÃO DE CURVA DE CRESCIMENTO EM ALTURA DE ESTIPE, ESTIMADA PELOS MODELOS DE CHAPMAN-RICHARDS, PRODAN E GOMPERTZ



Ressalta-se que os critérios utilizados para a seleção das equações do estudo de biomassa, não foram necessários para a opção pelo modelo de produção mais adequado, em virtude dos seguintes aspectos:

- No Modelo de Prodan, a distribuição dos resíduos foi homogênea e os resultados dos indicadores de ajuste foram inferiores (embora próximos) em relação aos obtidos para o Modelo de Chapman-Richards e para o Modelo de Gompertz. Ainda, o Modelo de Prodan apresentou tendência decrescente para o valores assintótico da curva, isto é, a partir de determinada idade as estimativas diminuíram, ao invés de aumentarem ou estabilizarem.
- No Modelo de Chapman-Richards e no Modelo de Gompertz, a distribuição dos resíduos foi homogênea, os resultados obtidos para os indicadores de ajuste não apresentaram diferença significativa entre si e, os valores das estimativas obtidas pelos dois modelos são próximos, e foram coerentes em relação aos observados. Tais aspectos levaram à consideração de que tanto o Modelo de Chapman-Richards como o Modelo de Gompertz são portanto, apropriados para obtenção de estimativas de variáveis de *Euterpe edulis* Mart. em função da idade, não havendo distinção em relação ao melhor modelo.

Considerando-se os aspectos discutidos, optou-se então pela utilização do Modelo de Gompertz para a predição do DAP, Altura Total e Altura de Estipe, em função da idade, para os dados desta pesquisa, assim, um novo ajuste foi efetuado porém utilizando-se os valores médios das variáveis mencionadas, com o objetivo em comparar o ajuste efetuado para as 115 observações.

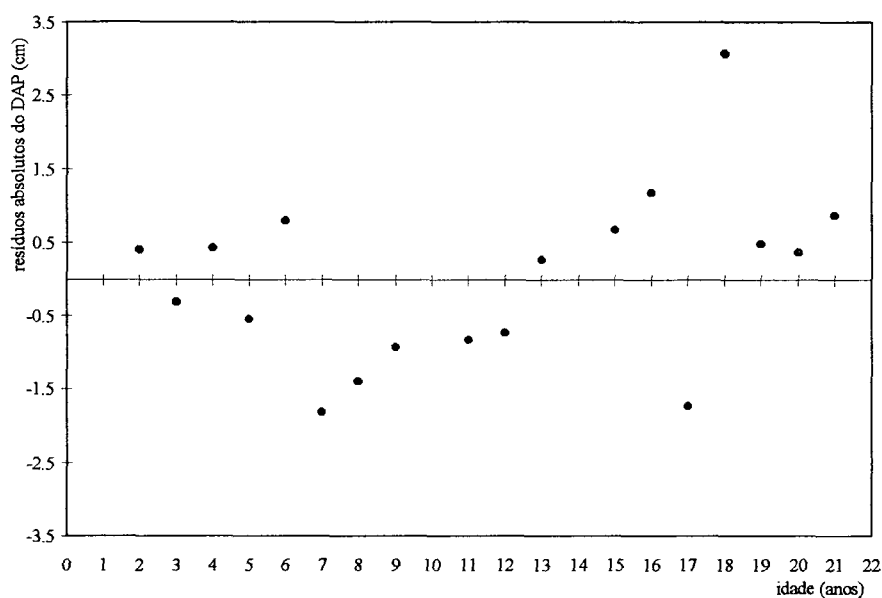
De acordo com os resultados apresentados na Tabela 16, observa-se que os indicadores de ajuste melhoraram significativamente em relação aos obtidos no ajuste efetuado para as observações individuais. Também, a distribuição de resíduos do Modelo de Gompertz ajustado

para a média apresentada nas Figuras 20, 21 e 22, apresentou a mesma tendência, porém com amplitude menor em relação ao ajuste efetuado utilizando-se os valores de cada observação.

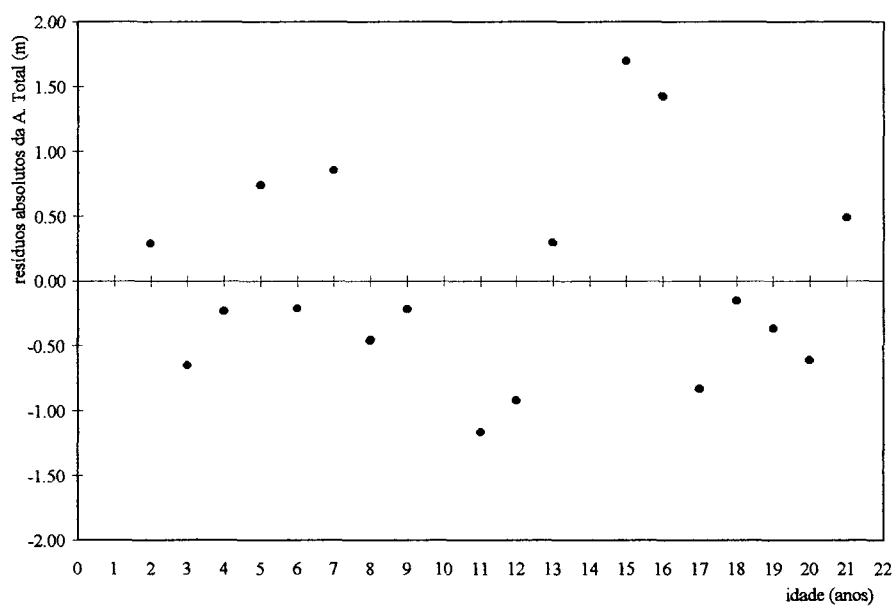
TABELA 16: MODELO GOMPERTZ: COEFICIENTES E INDICADORES DE AJUSTE PARA OS VALORES MÉDIOS OBSERVADOS EM DAP, ALTURA TOTAL E EM ALTURA DE ESTIPE EM FUNÇÃO DA IDADE

Modelo de Gompertz						
Variável Dependente	Coeficientes			Indicadores de Ajuste		
	a	b	c	F	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>	Syx%
DAP	12,331024	116,277955	1,348808	473,3036	0,896077	11,90
Altura Total	8,17163109	5,86028390	0,43695662	392,651	0,892073	13,18
Altura de Estipe	6,87592782	8,87328578	0,48355325	197,396	0,884837	15,64

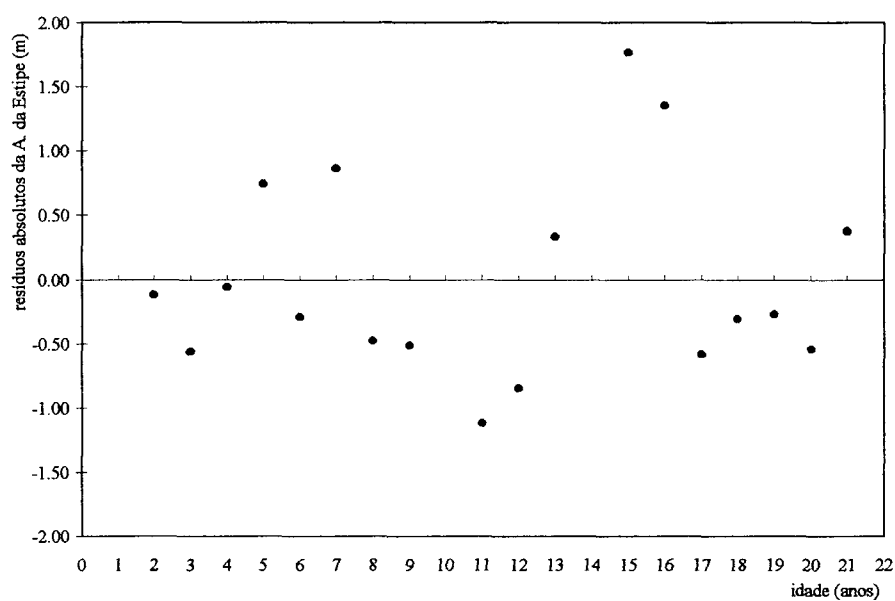
FIGURA 20: MODELO DE GOMPERTZ AJUSTADO PELA MÉDIA: DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DAP



**FIGURA 21: MODELO DE GOMPERTZ AJUSTADO PELA MÉDIA: DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA TOTAL**



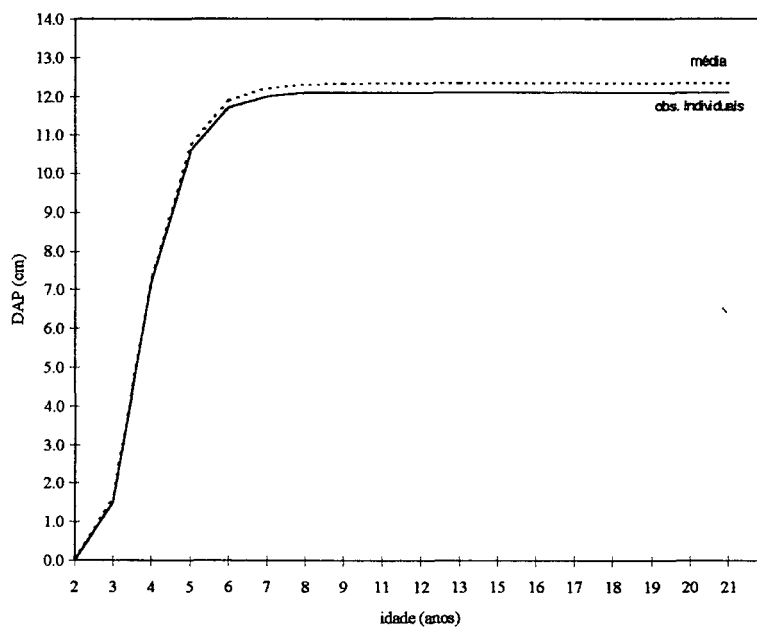
**FIGURA 22: MODELO DE GOMPERTZ AJUSTADO PELA MÉDIA: DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS ABSOLUTOS DA ALTURA DE ESTIPE**



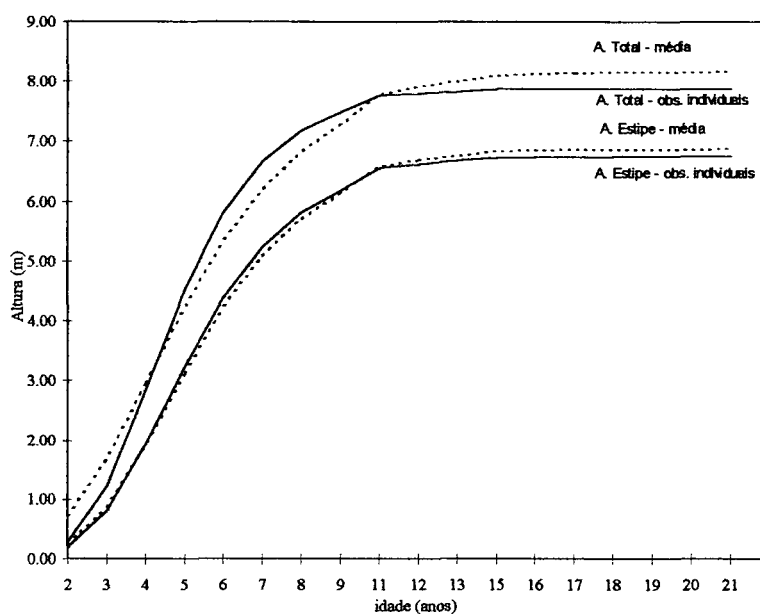
A diferença entre os valores preditos, pelo ajuste efetuado com os valores individuais e com os valores médios, é insignificante, conforme apresentado na Tabela 17. Entretanto, as

curvas de produção provenientes do ajuste com os valores médios são mais suaves em relação às obtidas pelo ajuste com os valores individuais, conforme visualiza-se nas Figuras 23 e 24.

**FIGURA 23: MODELO DE GOMPERTZ: CURVA DE CRESCIMENTO EM DAP, AJUSTADA PELAS OBSERVAÇÕES INDIVIDUAIS E PELA MÉDIA**



**FIGURA 24: MODELO DE GOMPERTZ: CURVA DE CRESCIMENTO EM ALTURA TOTAL E EM ALTURA DE ESTIPE AJUSTADA PELAS OBSERVAÇÕES INDIVIDUAIS E PELA MÉDIA**



**TABELA 17: MODELO DE GOMPERTZ: VALORES PREDITOS ATRAVÉS DO AJUSTE PELAS OBSERVAÇÕES INDIVIDUAIS E DO AJUSTE PELA MÉDIA**

<b>Modelo de Gompertz</b>						
<b>Idade (anos)</b>	<b>Ajuste pelas observações individuais</b>			<b>Ajuste pela média</b>		
	<b>DAP (cm)</b>	<b>Altura Total (m)</b>	<b>Altura de Estipe (m)</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>Altura Total (m)</b>	<b>Altura de Estipe (m)</b>
2	0,0	0,26	0,18	0,0	0,71	0,24
3	1,5	1,21	0,80	1,6	1,68	0,86
4	7,2	2,83	1,92	7,3	2,94	1,91
5	10,6	4,51	3,23	10,8	4,23	3,12
6	11,7	5,80	4,37	11,9	5,34	4,22
7	12,0	6,67	5,23	12,2	6,21	5,09
8	12,1	7,19	5,81	12,3	6,84	5,71
9	12,1	7,49	6,18	12,3	7,29	6,13
11	12,1	7,76	6,55	12,3	7,79	6,58
12	12,1	7,81	6,63	12,3	7,92	6,69
13	12,1	7,84	6,68	12,3	8,01	6,76
15	12,1	7,87	6,73	12,3	8,10	6,83
16	12,1	7,87	6,74	12,3	8,13	6,85
17	12,1	7,87	6,74	12,3	8,14	6,86
18	12,1	7,88	6,75	12,3	8,15	6,87
19	12,1	7,88	6,75	12,3	8,16	6,87
20	12,1	7,88	6,75	12,3	8,16	6,87
21	12,1	7,88	6,75	12,3	8,17	6,87

### **5.3.1.1 MODELAGEM DA PRODUÇÃO DO PESO DO CREME COMESTÍVEL DE PALMITO**

Para a obtenção das estimativas de Peso de Creme Comestível de palmito, foram ajustados dois modelos matemáticos distintos aos dados coletados. No primeiro, as estimativas das variáveis facilmente mensuráveis que podem ser coletadas na árvore (DAP e a Altura de Estipe) obtidas em função da Idade, foram utilizadas como as variáveis independentes do

modelo, enquanto que no segundo a variável dependente é uma função direta da idade, ou seja do tempo. Portanto, os indicadores de ajuste calculados para cada modelo, bem como as comparações sobre as estimativas geradas por um ou outro modelo, tem como finalidade comparar o grau de ajuste do modelo matemático aos dados, e não selecionar o melhor entre ambos, haja vista que tratam-se de procedimentos diferentes para a predição da variável dependente (Peso de Creme Comestível de palmito). Os coeficientes e os respectivos indicadores de ajuste, calculados para a obtenção de estimativas do Peso de Creme Comestível de palmito para o Modelo de Biomassa e para o Modelo de Gompertz, são apresentados na Tabela 18.

**TABELA 18: MODELO DE BIOMASSA E MODELO DE GOMPERTZ: COEFICIENTES E INDICADORES DE AJUSTE PARA ESTIMATIVAS DE PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO**

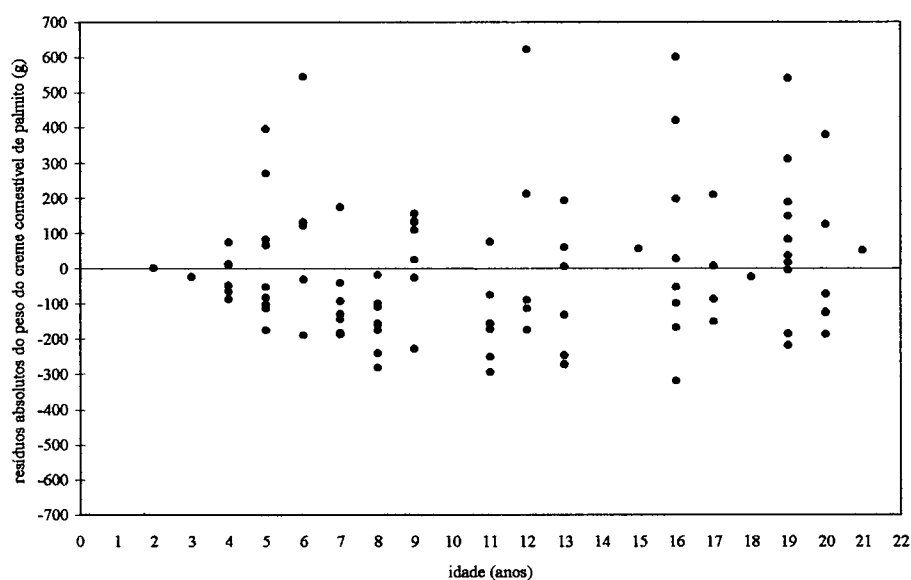
<b>Modelo de Biomassa</b>						
<b>Variável</b>	<b>Coeficientes</b>			<b>Indicadores de Ajuste</b>		
<b>Dependente</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>F</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub></b>	<b>Syx%</b>
Peso de Creme Comestível		16,18824166	0,35312624	313,462	0,850324	47,84
<b>Modelo de Gompertz</b>						
<b>Variável</b>	<b>Coeficientes</b>			<b>Indicadores de Ajuste</b>		
<b>Dependente</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>F</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub></b>	<b>Syx%</b>
Peso de Creme Comestível	557,440161	10,500390	0,532655	204,000	0,545306	47,36

Em conformidade com os resultados dos indicadores de ajuste, observa-se que tanto para o Modelo de Biomassa como para o Modelo de Gompertz o resultado do Syx % foi idêntico para os dois modelos. Entretanto, o valor resultante do R<sup>2</sup><sub>ajustado</sub> indica que a regressão através do Modelo de Biomassa, propiciou melhor ajuste em relação ao modelo de Gompertz.

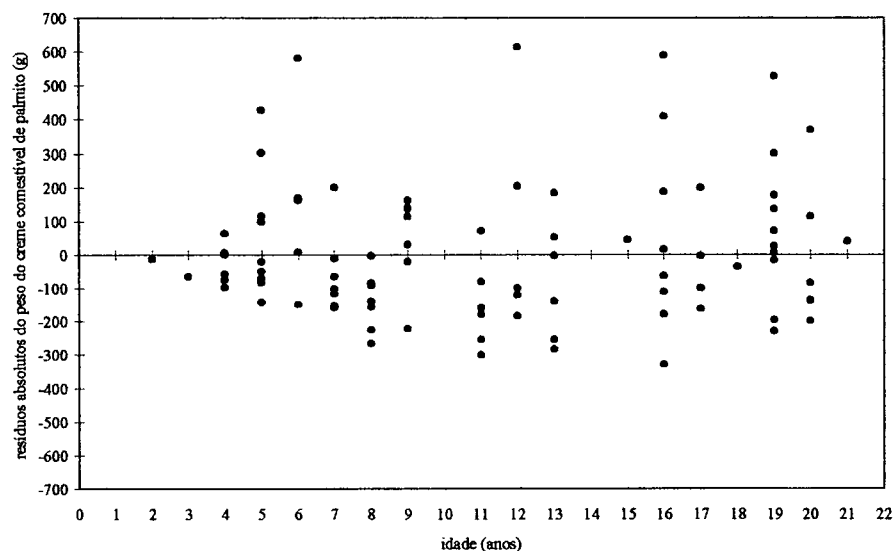


Pela análise da distribuição dos resíduos, apresentadas nas Figuras 25 e 26, observa-se que tanto no Modelo de Biomassa como no Modelo de Gompertz a distribuição dos resíduos foi homogênea.

**FIGURA 25: MODELO DE BIOMASSA: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DE PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO**



**FIGURA 26: MODELO DE GOMPERTZ: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS ABSOLUTOS DE PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO**



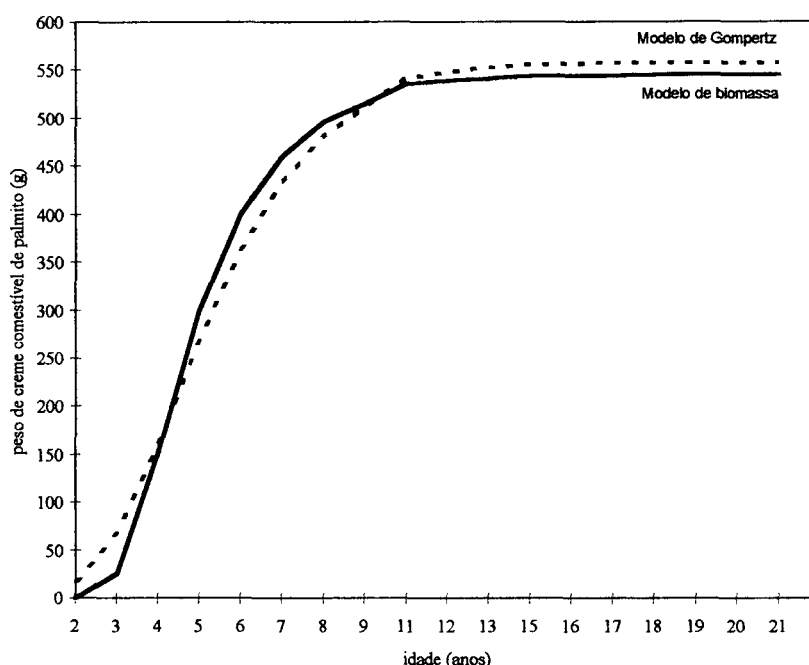
Comparando-se os valores médios de Peso de Creme Comestível de palmito com os valores preditos pelos modelos de Biomassa e de Gompertz, na Tabela 19, as estimativas apresentaram-se mais coerentes para as idades mais jovens, devido ao fato de que nas idades mais avançadas principalmente a partir da idade de 13 anos, em que constata-se variação nos valores observados. Tal fato pode ser atribuído à necessidade de uma amostra maior ou a influências do sítio. Ainda de acordo com os valores apresentados na Tabela 19, observa-se que as estimativas de peso obtidas pelo Modelo de Gompertz, são ligeiramente superestimadas nos extremos, ou seja, nas idades mais jovens e nas mais avançadas.

**TABELA 19: VALORES MÉDIOS OBSERVADOS E VALORES ESTIMADOS PELOS MODELOS DE BIOMASSA E DE GOMPERTZ**

Idade (anos)	Peso Comestível de Creme de Palmito (g)		
	Média Observada	Modelo	
		Biomassa	Gompertz
2	0	0	15
3	0	25	67
4	134	152	160
5	335	300	268
6	516	401	363
7	374	460	433
8	341	496	481
9	558	515	511
11	390	535	541
12	630	539	548
13	476	541	552
15	600	544	555
16	620	544	556
17	539	544	557
18	520	545	557
19	636	545	557
20	544	545	557
21	596	545	557

Pela análise das curvas de crescimento apresentada na Figuras 27, verifica-se que o crescimento em Peso de Creme Comestível de palmito, para os dados coletados, apresentou-se acelerado até a idade de 11 anos, e a partir desta idade a produção tornou-se estável.

FIGURA 27: EVOLUÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO PARA PESO DE CREME COMESTÍVEL DE PALMITO ESTIMADA PELOS MODELOS DE BIOMASSA E DE GOMPERTZ

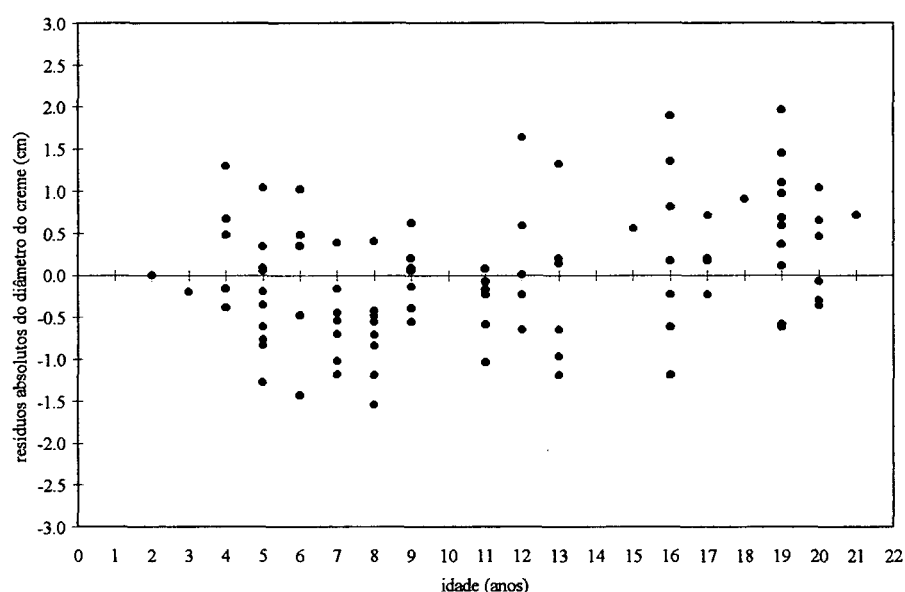


Considerando, que no Estado do Paraná, o diploma legal que disciplina o corte do palmito é a RESOLUÇÃO Nº 001/95 - SEMA/IAP-IBAMA, e que esta disposição estabelece que o diâmetro mínimo de corte para o creme de palmito é 2,5 cm, efetuou-se então o ajuste do Modelo de Gompertz aos valores observados para o Diâmetro do Creme de palmito, com o objetivo de determinar em qual idade obtém-se o diâmetro mínimo permitido, e também em analisar a evolução desta variável ao longo do tempo.

Os coeficientes calculados para o Modelo de Gompertz foram:  $a = 4,217679$ ,  $b = -468,046799$  e  $c = -1,678512$ .

Ao analisar o gráfico de distribuição dos resíduos das estimativas do Diâmetro do Creme, Figura 28, verificou-se que os mesmos distribuíram-se de forma homogênea e também os resultados de  $F = 1008,34$ ;  $R^2 = 0,8334$  e  $Syx\% = 21,97$ , são indicativos de que o Modelo de Gompertz foi bem ajustado aos dados, e que este é portanto, apropriado para a predição do Diâmetro do Creme de palmito em *Euterpe edulis* Mart..

FIGURA 28: MODELO DE GOMPERTZ: DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DIÂMETRO DO CREME DE PALMITO



As estimativas do Diâmetro do Creme de palmito, obtidas pelo Modelo de Gompertz, foram comparadas aos valores médios observados para esta variável (calculados por idade), conforme apresentado na Tabela 20.

Ao comparar as estimativas de Diâmetro do Creme de palmito, com as médias observadas por idade, observa-se que o Modelo de Gompertz apresentou tendência, para os dados em análise, em fornecer subestimativas em relação aos valores médios observados, principalmente para as idades mais elevadas (a partir de 16 anos). Porém, este fato não deve

ser atribuído somente a problemas do modelo, mas também a questões relativas a impossibilidade em exercer efetivo controle sobre o material disponível e utilizado para o desenvolvimento da pesquisa, tais como: a subjetividade da idade, controle do sítio e do material genético, além de diferenças entre as quantidades de indivíduos disponíveis em cada idade e que estão afetando a média.

**TABELA 20: DIÂMETRO DO CREME DE PALMITO: VALORES PREDITOS ATRAVÉS DO MODELO DE GOMPERTZ E VALORES MÉDIOS OBSERVADOS POR IDADE**

<b>Idade (anos)</b>	<b>Diâmetro do Creme de Palmito (cm)</b>	
	<b>Modelo de Gompertz</b>	<b>Médias Observadas</b>
2	0,0	0,0
3	0,2	0,0
4	2,4	2,7
5	3,8	3,5
6	4,1	4,1
7	4,2	3,7
8	4,2	3,5
9	4,2	4,2
11	4,2	3,9
12	4,2	4,5
13	4,2	4,0
15	4,2	4,8
16	4,2	4,5
17	4,2	4,4
18	4,2	5,1
19	4,2	4,8
20	4,2	4,5
21	4,2	4,9

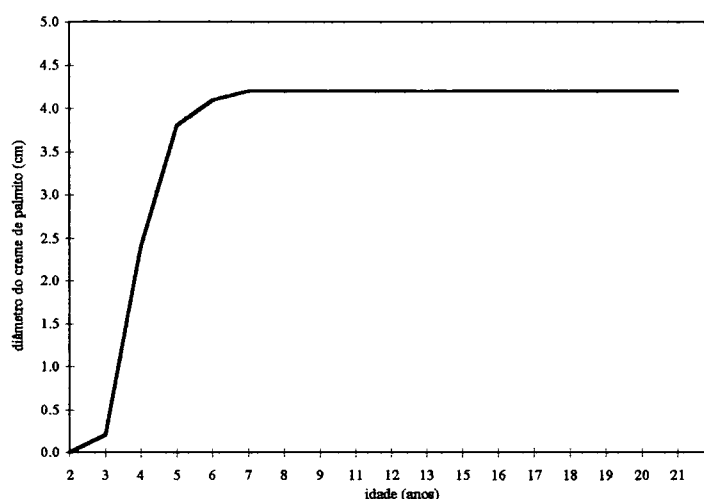
Em conformidade com os resultados contidos na Tabela 20, verifica-se que o diâmetro mínimo para o corte do creme, estabelecido em lei, somente é atingido na idade a partir de 4,5 a 5 anos, e também verificando os registros de coleta de dados, constata-se que nesta idade, a

frutificação poderá ocorrer, entretanto de forma esparsa, enquanto que aos 7 anos todas as árvores já haviam apresentado frutificação.

Para a realização desta pesquisa, não foram realizadas análises em relação à frutificação, devido ao fato de não tratar-se de uma variável quantitativa, e que pudesse ser utilizada para a modelagem do crescimento e da produção de outras variáveis quantitativas (DAP, Altura Total, Altura de Estipe, Biomassa e etc.) de *Euterpe edulis* Mart.. Porém, a constatação da idade de frutificação dos palmiteiros, assume grande importância na medida em que, dentre os objetivos estabelecidos para o manejo da espécie (em florestas naturais ou em plantações), sejam contempladas atividades de condução da regeneração natural.

Ao analisar a evolução da curva de produção para o Diâmetro do Creme, obtida pelo Modelo de Gompertz, na Figura 29, observa-se que para os dados utilizados, o crescimento em diâmetro do creme foi lento até a idade de 3 anos, e a partir desta idade o crescimento foi acelerado até a idade de 7 anos, quando então a curva de crescimento atingiu o valor máximo da assíntota, com um diâmetro estimado em 4,2 cm.

**FIGURA 29: MODELO DE GOMPERTZ: EVOLUÇÃO DA CURVA DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DO CREME DE PALMITO, AJUSTADA PELAS OBSERVAÇÕES INDIVIDUAIS**



Como a determinação da idade em palmiteiros nem sempre é possível, procedeu-se também o ajuste de um modelo matemático, para a predição do diâmetro do creme de palmito em função do DAP, que é a variável que pode ser mensurada com maior facilidade na árvore. Ressalta-se, entretanto, que o ajuste do modelo aos dados teve como objetivo principal, comparar as predições com os valores observados para o diâmetro do creme de palmito, e não em preconizar o uso de um modelo específico.

Durante o estudo das correlações entre as variáveis do palmiteiro, verificou-se que para o DAP e o Diâmetro do Creme, o valor obtido foi correspondente a 0,75, sendo a tendência da associação entre estas variáveis, linear. Constatado este aspecto, optou-se por testar os seguintes modelos matemáticos:  $Y = a + b \cdot X$  (Equação da Reta);  $Y = a \cdot e^{bx}$  (Exponencial) e  $Y = b_0 \cdot X^{b1}$  (Potencial), para a predição do Diâmetro do Creme a partir do DAP.

Os coeficientes calculados para a Equação da Reta foram:  $a = 0,0440252$  e  $b = 0,3416181$ , e para os indicadores de ajuste obteve-se os seguintes resultados:  $F = 745,2575$ ,  $R^2 = 0,8374$  e  $Syx\% = 18,46$ . No gráfico dos resíduos gerados pela obtenção das estimativas (Figura 30), verificou-se que a tendência de distribuição dos resíduos não foi homogênea.

Tanto para o Modelo Exponencial como para o Potencial, os resultados dos indicadores de ajuste foram inferiores em relação aos obtidos para a Equação da Reta. As estimativas obtidas pelo Modelo Exponencial apresentaram valores absurdos, para os DAP's superiores a 13 cm, e também todas as predições obtidas pelo Modelo Potencial foram subestimadas em relação aos valores observados. Em virtude destas limitações, foi desnecessário estabelecer critérios de pontuação para a seleção do melhor modelo, optando-se pela Equação da Reta.

Para a comparação entre as observações individuais dos diâmetros do creme e suas respectivas estimativas, foi construído um gráfico (Figura 31) que possibilitou as seguintes constatações:

- Para os dados observados, o diâmetro mínimo de 2,5 cm, estabelecido para corte pela legislação vigente, correspondeu ao DAP com dimensão superior a 7 cm;
- Pela distribuição dos diâmetros do creme observados e das estimativas obtidas, a Equação da Reta foi apropriada aos dados, no intervalo considerado. Entretanto, as previsões correspondentes a DAP's com dimensões inferiores a 4 cm (aproximadamente), foram superestimadas, e estimativas a partir de DAP's superiores aos do intervalo dos dados poderão gerar previsões absurdas. Em função dos aspectos evidenciados, as estimativas correspondentes às extremidades do modelo deverão ser analisadas com cautela.

FIGURA 30: EQUAÇÃO DA RETA: DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS ABSOLUTOS DO DIÂMETRO DO CREME DE PALMITO

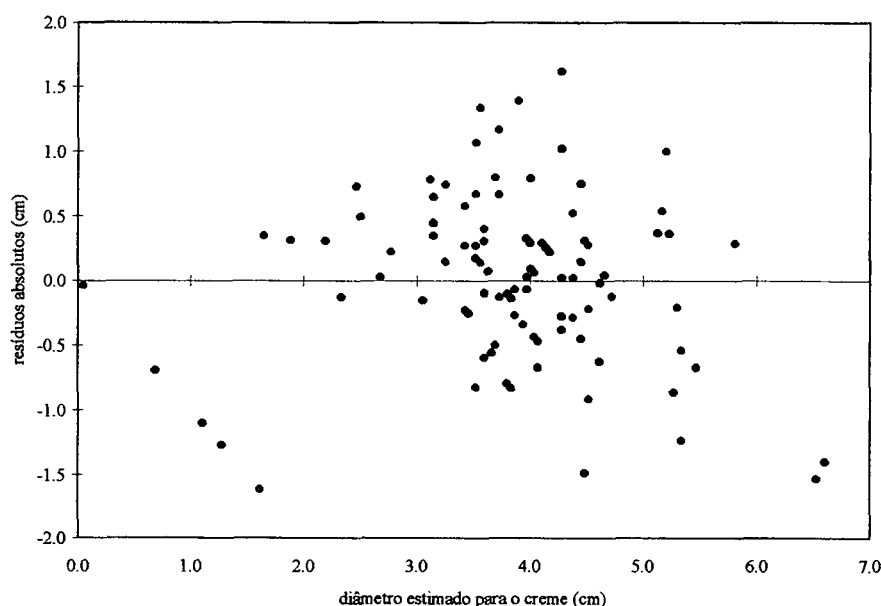
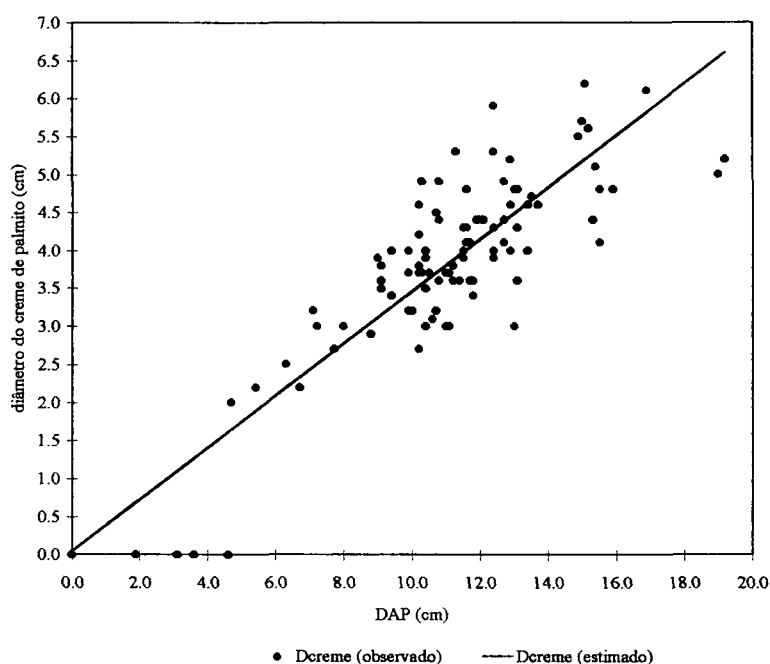




FIGURA 31: DISTRIBUIÇÃO DOS DIÂMETROS INDIVIDUAIS DO CREME DE PALMITO: VALORES OBSERVADOS E VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DA RETA



Com os DAP's estimados para as idades, obteve-se predições referentes ao Diâmetro do Creme por idade, cujos resultados foram dispostos em uma tabela (Tabela 21), junto aos valores correspondentes ao diâmetro médio do creme observados por idade e os estimados pelo Modelo de Gompertz. Verificou-se, então, que as estimativas provenientes da Equação da Reta e do Modelo de Gompertz pouco diferiram entre si, e os valores resultantes destes modelos variaram pouco em relação à media observada, (no máximo 9 mm). Para os dados utilizados na pesquisa, o diâmetro mínimo de creme estabelecido para corte (2,5 cm) somente ocorrerá a partir da idade de 4 anos, e correspondendo a árvores cuja dimensão do DAP seja superior a 7 cm.

**TABELA 21: DIÂMETRO DO CREME DE PALMITO: VALORES PREDITOS PELA EQUAÇÃO DA RETA, PELO MODELO DE GOMPERTZ E MÉDIAS OBSERVADAS POR IDADE**

Idade (anos)	DAP (cm)	Diâmetro do Creme de Palmito (cm)		
		Equação da Reta	Médias por idade	Modelo de Gompertz
2	0,0	0,0	0,0	0,0
3	1,5	0,6	0,0	0,2
4	7,2	2,5	2,7	2,4
5	10,6	3,7	3,5	3,8
6	11,7	4,0	4,1	4,1
7	12,0	4,1	3,7	4,2
8	12,1	4,2	3,5	4,2
9	12,1	4,2	4,2	4,2
11	12,1	4,2	3,9	4,2
12	12,1	4,2	4,5	4,2
13	12,1	4,2	4,0	4,2
15	12,1	4,2	4,8	4,2
16	12,1	4,2	4,5	4,2
17	12,1	4,2	4,4	4,2
18	12,1	4,2	5,1	4,2
19	12,1	4,2	4,8	4,2
20	12,1	4,2	4,5	4,2
21	12,1	4,2	4,9	4,2

### 5.3.2 ANÁLISE DOS INCREMENTOS OBSERVADOS DURANTE O PERÍODO 96/97

Para a determinação do crescimento das palmeiras, ou seja, o aumento das dimensões das variáveis DAP,  $D_{60}$ , Altura Total, Altura de Estipe e o Comprimento do Colmo, utilizou-se os dados obtidos pelas mensurações efetuadas no ano de 1996 e 1997, pertencentes a cada uma das variáveis citadas.

Pela diferença entre os valores mensurados na segunda na primeira coleta de dados em cada palmeira, obteve-se o Incremento Corrente Anual (ICA) individual relativo ao período

96/97, ( $ICA = \text{observação}_{97} - \text{observação}_{96}$ ), que é o crescimento havido durante o período de 1 ano, em cada árvore. As árvores que por ocasião da segunda mensuração, estavam mortas ou foram cortadas e, aquelas cujos proprietários não permitiram remensurá-las, não puderam ter seus respectivos incrementos calculados e foram desconsideradas desta pesquisa.

Em seguida, após a realização do cálculo do ICA para o DAP,  $D_{60}$ , Altura total, Altura de Estipe e Comprimento do Colmo, para cada palmeira, os resultados obtidos foram agrupados por idade e efetuou-se o cálculo da média, obtendo-se então o ICA médio por idade, para a variável considerada.

Os valores correspondentes ao ICA individual e ao ICA médio por idade, pertencente a cada variável, foram utilizados para o procedimento de validação do modelo de crescimento e de produção (Modelo de Gompertz), mediante a análise e comparação entre o ICA observado (individual e médio) e o estimado pelo Modelo de Gompertz.

Os valores de ICA (período 96/97) apresentados no ANEXO VIII, referem-se a 115 indivíduos, cujos plantios foram efetuados no período compreendido entre o ano de 1976 até o ano 1995, ou seja, com idades variando desde 21 anos até 2 anos, em relação ao ano 1997. De acordo com os resultados obtidos, ANEXO VIII, é possível observar as variações de crescimento, ou ICA, em cada palmeira, ocorridas durante o período entre 96 a 97.

Para o crescimento em DAP e em  $D_{60}$ , constatou-se árvores que apresentaram ICA nulo para estas variáveis, e em outras ICA atingiu até 4,7 cm (DAP) e 5,4 cm ( $D_{60}$ ). De forma análoga aos ICA em DAP e  $D_{60}$ , os ICA em Altura Total e em Altura de Estipe, apresentaram variações desde 0 cm até no máximo 1,58 m (Altura Total) e 1,50 m (Altura de Estipe).

Para o Comprimento do Colmo, em algumas árvores, o valor do ICA foi negativo, indicando que o crescimento em altura da estipe foi maior em relação ao crescimento em altura

total, chegando a afetar o comprimento do colmo para menos em até 1,01 m (ICA = -1,01 m) em relação ao seu comprimento inicial, observado em 1996, conforme pode ser visualizado no caso da árvore 56, do ANEXO VIII. Ainda, em relação ao incremento em Comprimento de Colmo, algumas árvores apresentaram valores de ICA iguais a 0 m, o que pode-se supor seja indicativo de que não houve crescimento da palmeira tanto em altura total como em altura de estipe ou, alternativamente, que o crescimento destas variáveis ocorreu nas mesmas proporções observadas no ano de 1996. O maior valor do ICA em Comprimento do Colmo foi de 0,76 m, significando que o crescimento em altura total da palmeira foi superior ao crescimento em altura de estipe.

Os resultados do cálculo da média, variância, desvio padrão e da amplitude mínima e máxima do DAP, D<sub>60</sub>, Altura Total, Altura de Estipe e do Comprimento do Colmo, são apresentados na Tabela 22.

**TABELA 22: VALORES E MÍNIMOS E MÁXIMOS, MÉDIA, DESVIO PADRÃO E VARIÂNCIA PARA 115 ÁRVORES DE PALMITO**

Variável	Valores		Média	S	S <sup>2</sup>
	Mínimos	Máximos			
<b>DAP (cm)</b>	0,0	19,2	9,8	4,68	21,8637
<b>D<sub>60</sub> (cm)</b>	0,0	20,4	11,3	4,22	17,8104
<b>H<sub>total</sub> (m)</b>	0,45	15,00	5,90	3,19	10,1736
<b>H<sub>estipe</sub> (m)</b>	0,00	13,50	4,77	3,01	9,0747
<b>L<sub>colmo</sub> (m)</b>	0,00	2,50	1,12	0,30	0,0910

Obs.: S = Desvio Padrão; S<sup>2</sup> = Variância

Após a determinação dos incrementos havidos em cada árvore, efetuou-se o cálculo do ICA médio por idade de plantio, durante o período 96/97, conforme apresentado nas Tabelas 23 a 27. Nas mesmas tabelas, observa-se os resultados dos cálculos da média, variância, desvio padrão e da amplitude máxima e mínima das variáveis agrupadas por idade.

TABELA 23: DAP: AMPLITUDE MÍNIMA E MÁXIMA, MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA, ICA MÉDIO, POR IDADE

Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	DAP (cm)							
			Mínimo	Máximo	Média	Desv. padrão	Variância	ICA Médio	Desv. padrão	Variância
95	2	10	0,0	1,9	0,4	0,80	0,6418	0,4	0,80	0,6418
94	3	9	0,0	4,6	1,3	1,92	3,6928	1,3	1,92	3,6928
93	4	7	4,7	10,6	7,7	2,31	5,3362	1,6	1,56	2,4257
92	5	10	6,3	15,0	10,2	3,06	9,3468	0,3	0,34	0,1182
91	6	5	10,2	19,2	12,7	3,85	14,8080	1,0	1,27	1,6230
90	7	7	9,1	14,6	10,4	1,22	1,4990	0,4	1,09	1,1890
89	8	8	7,7	13,7	10,9	1,67	2,7764	0,1	0,11	0,0114
88	9	8	9,1	12,4	11,4	1,02	1,0336	0,1	0,07	0,0055
86	11	6	9,9	13,3	11,5	0,83	0,6870	0,0	0,04	0,0017
85	12	5	10,2	13,1	11,6	1,26	1,5820	0,0	0,00	0,0000
84	13	6	10,4	15,3	12,6	2,12	4,4947	0,1	0,16	0,0267
82	15	1	13,0	13,0	13,0	-	-	0,0	-	-
81	16	10	8,0	19,0	13,5	3,04	9,2467	0,5	0,85	0,7218
80	17	4	9,4	12,0	10,6	1,08	1,1758	0,1	0,14	0,0200
79	18	1	15,4	15,4	15,4	-	-	0,0	-	-
78	19	10	10,2	15,9	12,8	2,03	4,1040	0,1	0,17	0,0289
77	20	6	10,4	15,5	12,7	1,75	3,0587	0,0	0,05	0,0027
76	21	2	12,7	13,2	12,9	0,35	0,1250	0,0	0,00	0,0000

TABELA 24: D<sub>60</sub>: AMPLITUDE MÍNIMA E MÁXIMA, MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA, ICA MÉDIO, POR IDADE

Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	D <sub>60</sub> (cm)							
			Mínimo	Máximo	Média	Desv. padrão	Variância	ICA Médio	Desv. padrão	Variância
95	2	10	2,1	5,4	3,8	1,17	1,3801	3,8	1,17	1,3081
94	3	9	0,0	5,5	3,4	2,05	4,2169	1,4	1,71	2,9161
93	4	7	4,7	11,7	9,3	2,88	8,2681	1,1	0,89	0,7857
92	5	10	8,4	18,1	12,1	3,20	10,2262	0,9	1,11	1,2356
91	6	5	10,8	20,4	14,1	4,09	16,7600	0,9	1,00	1,0070
90	7	7	9,4	14,6	11,5	1,69	2,8395	0,6	1,30	1,6790
89	8	8	9,6	14,8	12,3	1,53	2,3279	0,3	0,69	0,4713
88	9	8	8,8	14,2	12,3	1,68	2,8170	0,1	0,11	0,0113
86	11	6	11,0	13,3	12,2	0,88	0,7710	0,1	0,13	0,0177
85	12	5	11,6	14,5	13,4	1,41	1,9970	0,0	0,09	0,0800
84	13	6	11,3	17,8	14,1	2,76	7,5947	0,3	0,36	0,1270
82	15	1	13,1	13,1	13,1	-	-	0,0	-	-
81	16	10	10,2	19,7	14,9	2,81	7,8938	0,2	0,26	0,0699
80	17	4	11,1	12,9	11,8	0,77	0,5933	0,1	0,14	0,0200
79	18	1	15,9	15,9	15,9	-	-	0,0	-	-
78	19	10	11,1	16,3	13,8	1,97	3,8911	0,1	0,11	0,0121
77	20	6	11,1	16,9	13,5	2,15	4,6337	0,1	0,20	0,0387
76	21	2	13,9	14,3	14,1	0,28	0,0800	0,0	0,07	0,0050

TABELA 25: ALTURA TOTAL: AMPLITUDE MÍNIMA E MÁXIMA, MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA, ICA MÉDIO, POR IDADE

Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	Altura Total (m)							
			Mínimo	Máximo	Média	Desv. padrão	Variância	ICA Médio	Desv. padrão	Variância
95	2	10	0,66	1,34	0,99	0,25	0,0639	0,50	0,23	0,5070
94	3	9	0,45	1,60	1,03	0,41	0,1721	0,44	0,24	0,0563
93	4	7	1,50	4,60	2,71	1,10	1,2123	0,40	0,38	0,1465
92	5	10	2,70	6,80	4,96	1,64	2,6983	0,25	0,27	0,0725
91	6	5	4,01	6,71	5,12	1,16	1,3497	0,50	0,47	0,2192
90	7	7	3,70	9,50	7,06	1,97	3,8620	0,55	0,53	0,2851
89	8	8	3,00	8,20	6,38	1,67	2,8049	0,30	0,32	0,1048
88	9	8	4,70	9,50	7,06	2,17	4,7253	0,15	0,23	0,0514
86	11	6	4,69	7,55	6,62	1,00	1,0075	0,25	0,31	0,0962
85	12	5	5,03	8,00	7,00	1,17	1,3608	0,17	0,24	0,0570
84	13	6	6,00	11,10	8,30	2,09	4,3697	0,02	0,04	0,0017
82	15	1	9,80	9,80	9,80	-	-	0,00	-	-
81	16	10	3,00	15,00	9,55	3,82	14,6149	0,15	0,26	0,0688
80	17	4	6,40	8,30	7,31	0,80	0,6373	0,31	0,23	0,0540
79	18	1	8,00	8,00	8,00	-	-	0,00	-	-
78	19	10	4,12	11,10	7,79	2,18	4,7619	0,34	0,49	0,2422
77	20	6	7,20	8,80	7,55	0,93	0,8710	0,03	0,08	0,0067
76	21	2	8,30	8,30	9,00	0,49	0,2450	0,15	0,21	0,0450

TABELA 26: ALTURA DE ESTIPE: AMPLITUDE MÍNIMA E MÁXIMA, MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA, ICA MÉDIO, POR IDADE

Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	Altura de Estipe (m)							
			Mínimo	Máximo	Média	Desv. padrão	Variância	ICA Médio	Desv. padrão	Variância
95	2	10	0,00	0,23	0,11	0,07	0,0049	0,11	0,07	0,0049
94	3	9	0,00	0,46	0,29	0,39	0,1501	0,29	0,39	0,1501
93	4	7	0,69	3,50	1,85	1,02	1,0494	0,28	0,16	0,0250
92	5	10	1,40	5,40	3,86	1,59	2,5321	0,41	0,30	0,0890
91	6	5	3,01	5,70	3,93	1,14	1,2883	0,53	0,37	0,1367
90	7	7	2,70	8,30	5,95	1,93	3,7361	0,61	0,47	0,2190
89	8	8	2,25	7,00	5,23	1,46	2,1300	0,54	0,52	0,2721
88	9	8	3,50	8,10	5,62	1,96	3,8575	0,40	0,36	0,1325
86	11	6	3,80	6,00	5,46	0,85	0,7244	0,42	0,48	0,2290
85	12	5	4,05	6,90	5,85	1,13	1,2725	0,68	0,50	0,2508
84	13	6	5,20	9,90	7,10	1,94	3,7657	0,08	0,09	0,0078
82	15	1	8,60	8,60	8,60	-	-	0,30	-	-
81	16	10	2,00	13,50	8,20	3,76	14,1089	0,18	0,24	0,0570
80	17	4	5,30	7,23	6,27	0,85	0,7146	0,52	0,31	0,0979
79	18	1	6,56	6,56	6,56	-	-	0,06	-	-
78	19	10	2,95	10,00	6,60	2,10	4,3950	0,41	0,37	0,1360
77	20	6	4,62	7,80	6,33	1,03	1,0660	0,20	0,21	0,0438
76	21	2	7,00	7,50	7,25	0,35	0,1250	0,25	0,35	0,1250



TABELA 27: COMPRIMENTO DO COLMO: AMPLITUDE MÍNIMA E MÁXIMA, MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA, ICA MÉDIO POR IDADE

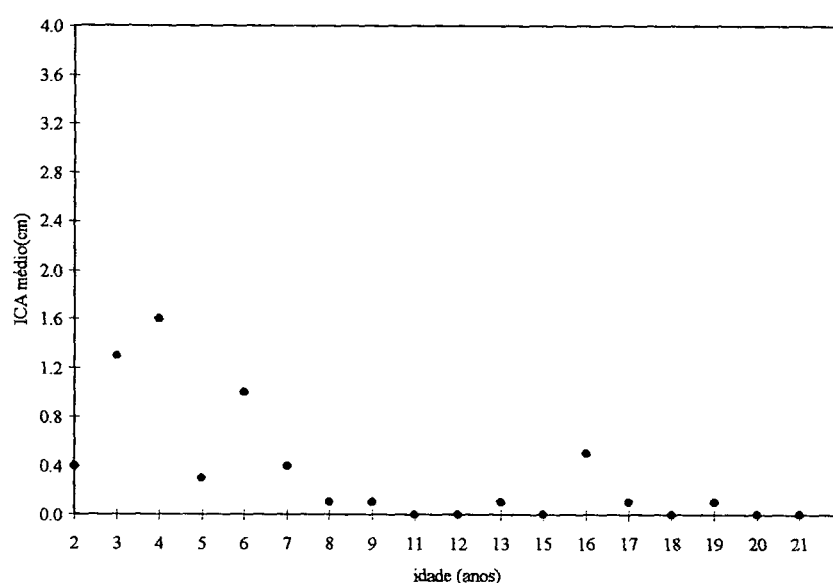
Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	Comprimento do Colmo (m)							
			Mínimo	Máximo	Média	Desv. padrão	Variância	ICA Médio	Desv. padrão	Variância
95	2	10	0,58	1,21	0,88	0,21	0,0461	0,39	0,21	0,0435
94	3	9	0,00	1,19	0,74	0,36	0,1320	0,14	0,28	0,0807
93	4	7	0,66	1,10	0,87	0,22	0,0489	0,12	0,27	0,0725
92	5	10	0,80	0,80	1,10	0,24	0,0577	-0,16	0,19	0,0351
91	6	5	1,00	1,40	1,19	0,18	0,0307	-0,03	0,30	0,0912
90	7	7	1,00	1,25	1,10	0,09	0,0090	-0,14	0,25	0,0607
89	8	8	0,75	1,50	1,16	0,26	0,0652	-0,23	0,37	0,1335
88	9	8	1,00	2,50	1,44	0,46	0,2138	-0,25	0,30	0,0897
86	11	6	0,89	1,55	1,16	0,26	0,0657	-0,17	0,33	0,1067
85	12	5	0,98	1,40	1,15	0,18	0,0316	-0,51	0,35	0,1245
84	13	6	0,80	1,50	1,20	0,28	0,0760	-0,06	0,08	0,0064
82	15	1	1,20	1,20	1,20	-	-	-0,30	-	-
81	16	10	1,00	1,65	1,35	0,22	0,0490	-0,03	0,23	0,0529
80	17	4	0,85	1,10	1,04	0,13	0,0176	-0,21	0,36	0,1292
79	18	1	1,44	1,44	1,44	-	-	-0,06	-	-
78	19	10	0,85	1,50	1,19	0,19	0,0375	-0,07	0,21	0,0434
77	20	6	1,00	1,38	1,22	0,14	0,0184	-0,16	0,15	0,0220
76	21	2	1,30	1,50	1,40	0,14	0,0200	-0,10	0,14	0,0200

TABELA 28: MÉDIA, DESVIO PADRÃO, VARIÂNCIA: DIÂMETRO DO CREME E, PESO BRUTO E COMERCIAL DO CREME POR IDADE

Ano do Plantio	Idade (anos)	Nº de Árvores	Diâmetro do creme (cm)			Peso Bruto do creme (g)			Peso comestível do creme (g)		
			Média	Desv. padrão	Variância	Média	Desv. padrão	Variância	Média	Desv. padrão	Variância
95	2	10	0,0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
94	3	9	0,0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
93	4	6	2,7	0,64	0,41	232	131,05	17173,07	134	59,93	3591,10
92	5	10	3,5	0,67	0,45	492	206,11	42479,56	335	182,11	33162,77
91	6	5	4,1	0,96	0,92	752	413,46	170950,30	516	272,57	74294,20
90	7	7	3,7	0,53	0,28	560	176,08	31003,24	374	124,61	15528,48
89	8	8	3,5	0,57	0,33	688	425,18	180779,64	341	82,24	6764,21
88	9	7	4,2	0,46	0,21	763	225,26	50744,24	558	136,51	18635,81
86	11	6	3,9	0,41	0,16	649	105,58	11146,57	390	132,82	17641,10
85	12	5	4,5	0,89	0,79	941	336,05	112928,00	630	332,52	110566,30
84	13	6	4,0	0,94	0,88	699	283,98	80647,20	476	182,75	33397,20
82	15	1	4,8	-	-	750	-	-	600	-	-
81	16	8	4,5	1,04	1,08	1012	485,07	235295,93	620	309,97	96081,36
80	17	4	4,4	0,39	0,15	751	121,45	14748,92	539	156,73	24562,92
79	18	1	5,1	-	-	1165	-	-	520	-	-
78	19	10	4,8	0,83	0,68	993	320,85	102946,77	636	224,04	50192,40
77	20	6	4,5	0,57	0,32	763	208,18	43338,27	544	215,14	46285,87
76	21	1	4,9	-	-	941	-	-	596	-	-

De acordo com os resultados obtidos nas Tabelas 23 a 25, pode-se observar que o crescimento em DAP,  $D_{60}$  e em altura total tende a ser mais acelerado para as idades mais jovens. No caso do DAP, as maiores médias de crescimento (ICA) foram verificadas na idade entre 3 até 6 anos, e a partir desta idade, o crescimento médio diminuiu e manteve-se praticamente constante até a idade de 21 anos (Figura 32).

FIGURA 32: DAP: ICA MÉDIO POR IDADE

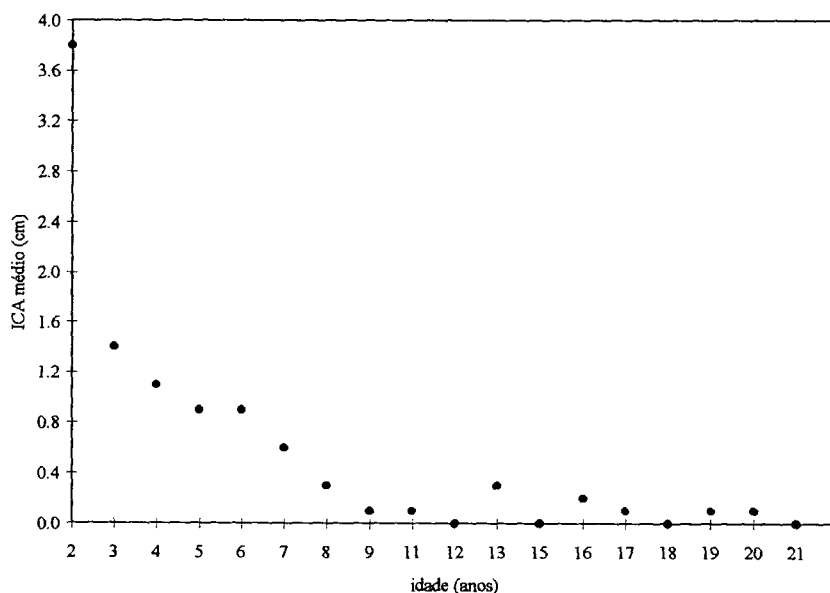


Na variável  $D_{60}$ , o ICA médio por idade, teve valores mais elevados durante um período mais prolongado, em relação ao DAP. As maiores médias do ICA por idade foram verificadas na idade entre 2 até 7 anos. A partir desta idade, o crescimento médio diminuiu e manteve-se praticamente constante até a idade de 21 anos (Figura 33).

Tanto para o DAP como para o  $D_{60}$ , na idade de 21 anos a média do ICA foi igual a 0 cm. Isto posto, deduz-se que a partir desta idade, as taxas de crescimento para estas variáveis sejam nulas. Porém não é possível afirmar categoricamente que este fato ocorra, em função do

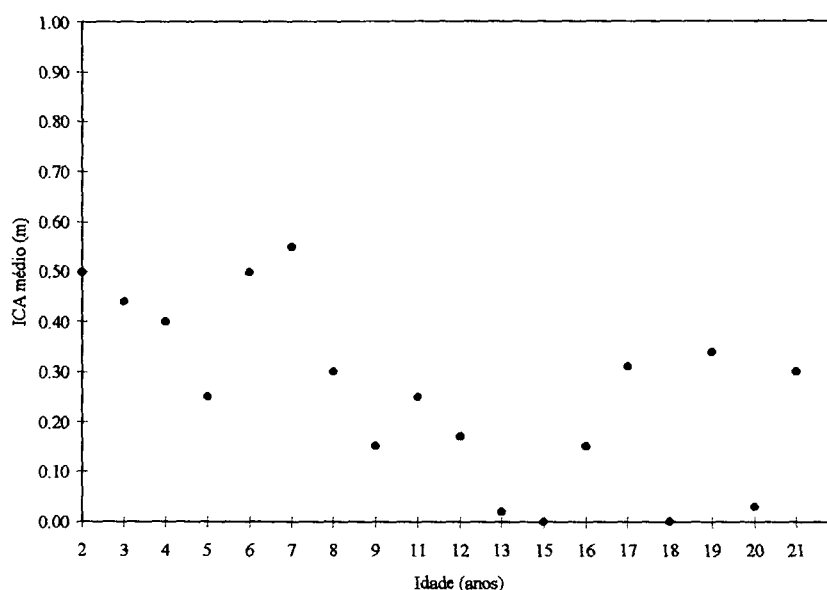
limite máximo da idade estabelecida para este estudo ser 21 anos, e também devido à pouca quantidade de árvores pertencentes a esta idade, cuja remensuração foi possível.

FIGURA 33: D<sub>60</sub>: ICA MÉDIO POR IDADE



Na variável Altura Total, os valores correspondentes ao ICA médio mais elevados (com oscilações bruscas) foram verificados para as idades compreendidas entre 2 até 11 anos, e em seguida, houve uma ligeira tendência de diminuição no ritmo de crescimento (com oscilações bruscas) para as idades subseqüentes (Figura 34). Observou-se que embora o crescimento em altura também seja mais vigoroso durante a fase jovem das árvores, a sua duração ocorreu durante um período mais prolongado em relação ao crescimento em DAP e D<sub>60</sub>. Observa-se também, que as árvores que integram a idade de 21 anos, ainda apresentaram incremento em altura total, o que é indicativo de que o crescimento em altura venha culminar em idades posteriores à de culminação do crescimento em DAP.

FIGURA 34: ALTURA TOTAL: ICA MÉDIO POR IDADE



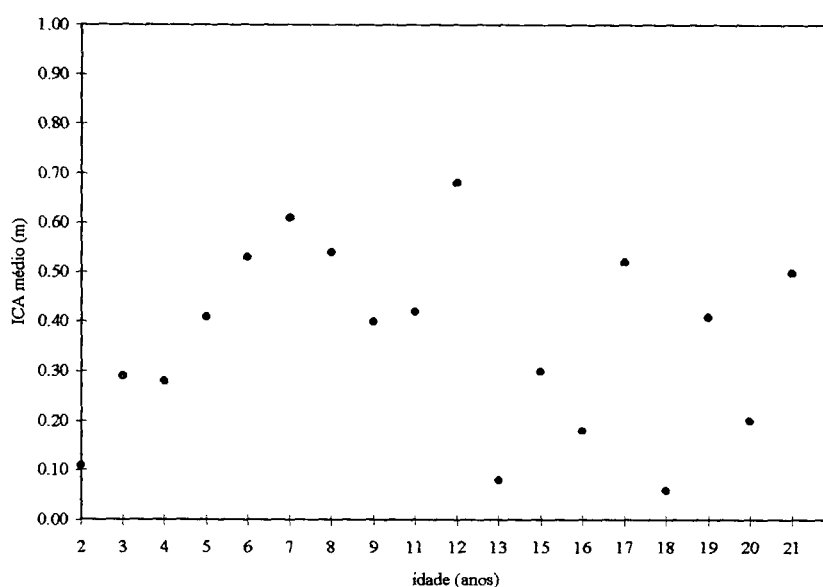
O valor da média do ICA, por idade, para a Variável Altura de Estipe, apresentou tendência diferente daquela observada para o DAP,  $D_{60}$  e Altura Total. Através dos valores apresentados na Tabela 26, observa-se que nas idades mais jovens (entre 2 a 4 anos), a média do crescimento da estipe foi menos acentuada em relação ao crescimento em altura total, porém com tendência crescente, até atingir o ponto máximo na idade de 12 anos. A partir de então, observa-se ligeira diminuição dos valores médios do ICA, porém com fortes oscilações até a idade de 21 anos, sem uma tendência claramente definida para o ritmo de crescimento (Figura 35).

Na variável Comprimento do Colmo, em conformidade com os valores constantes na Tabela 27, percebe-se uma tendência inversa àquela do crescimento em altura de estipe. Durante os primeiros anos de idade (até 4 anos) a média do ICA por idade, foi positiva, e a partir desta idade a média dos incrementos resultou em valores negativos, sendo o máximo observado aos 12 anos, para em seguida diminuir gradativamente. Estes resultados são

indicadores de que a partir da idade de 4 anos o crescimento em altura de estipe começa a sobrepujar ao crescimento em altura total (Figura 36).

Entretanto, em função do limite máximo da idade estabelecida para este estudo (21 anos), não foi possível determinar a idade em que ocorre a estabilização entre o crescimento em altura total e em altura de estipe, ou mesmo a culminação do crescimento destas variáveis, analisando-se somente a evolução dos incrementos médios.

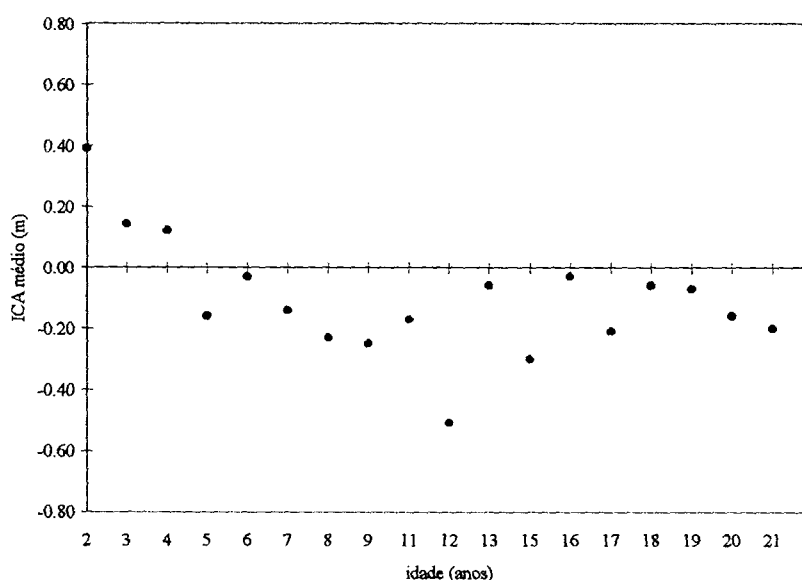
FIGURA 35: ALTURA DE ESTIPE: ICA MÉDIO POR IDADE



Na Tabela 28 são apresentados os resultados dos cálculos da média, variância, desvio padrão agrupados por idade para o diâmetro do creme de palmito, peso bruto e comestível do creme de palmito, agrupados por idade de plantio. Os valores médios para estas variáveis, de forma geral, tendem a aumentar na medida em que a faixa etária também aumenta, até atingir a idade entre 18 a 19 anos. A partir desta faixa de idade ocorreu ligeiro declínio tanto na dimensão do diâmetro do creme como no peso do creme comercial, porém devido a

quantidade de árvores e também ao limite máximo da idade estabelecida para esta pesquisa ser 21 anos, não é possível afirmar categoricamente, que o declínio verificado na dimensão das variáveis citadas, seja um fato normal para esta espécie.

FIGURA 36: COMPRIMENTO DO COLMO: ICA MÉDIO POR IDADE



### 5.3.3 VALIDAÇÃO DO MODELO DE CRESCIMENTO E DE PRODUÇÃO

Como procedimento de validação para o Modelo de Crescimento e de Produção utilizado (Modelo de Gompertz), com os ICA individuais e os ICA médios por idade, do período 96/97, referentes às variáveis DAP, Altura Total e Altura de Estipe, construiu-se um gráfico, no qual também foi plotada a curva de ICA estimada em cada idade, da variável correspondente. Em seguida, as observações e as estimativas foram comparadas, para verificar se os valores observados (individuais e médios) seguiram a mesma tendência dos estimados.

Ressalta-se que face à pouca quantidade de árvores nas quais foi possível realizar o corte e mensuração das variáveis de interesse, todas as observações foram utilizadas no ajuste (e na seleção) dos modelos testados, e também para a predição sobre a produção do creme comercial de palmito em função da idade. Devido a indisponibilidade de observações que também pudessem servir como testemunha para a validação do modelo (Modelo de Gompertz), optou-se pela utilização dos incrementos observados no período 96/97, para a efetivar a validação deste Modelo.

Nas Figuras 37 a 39, tem-se a distribuição dos incrementos (observados e estimados) pertencentes às variáveis mencionadas.

Para o DAP, os incrementos observados distribuem-se acompanhando a tendência da curva dos incrementos estimados (exceto nas idades de 4 e 5 anos) embora verifique-se a presença de alguns *outliers* na idade de 16 anos (Figura 37). Pela análise visual constata-se que os valores observados apresentam coerência com os valores estimados, e portanto o Modelo de Gompertz propicia estimativas satisfatórias dos diâmetros em função da idade.

Em relação a Altura Total e a Altura da Estipe, constata-se através da análise visual, que a distribuição dos incrementos observados não seguiu a tendência das respectivas curvas para o incremento estimado, e conforme pode ser observado nas Figuras 38 e 39, verifica-se que há grande dispersão das observações em relação às estimativas, principalmente nas idades mais avançadas. Os aspectos ressaltados (mais acentuados para a variável Altura de Estipe), evidenciam que o Modelo de Gompertz não propiciou estimativas satisfatórias para estas variáveis (Altura Total e Altura de Estipe), constatando-se que há a ocorrência de incrementos (relativamente elevados) mesmo quando o modelo atingiu o seu valor assintótico.



FIGURA 37: DAP: DISTRIBUIÇÃO DOS INCREMENTOS ESTIMADOS E OBSERVADOS

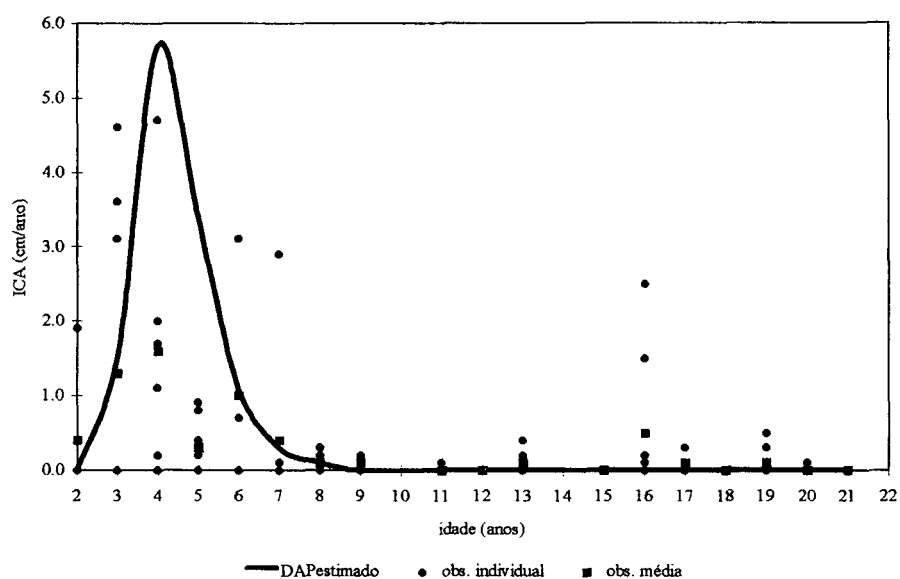


FIGURA 38: ALTURA TOTAL: DISTRIBUIÇÃO DOS INCREMENTOS ESTIMADOS E OBSERVADOS

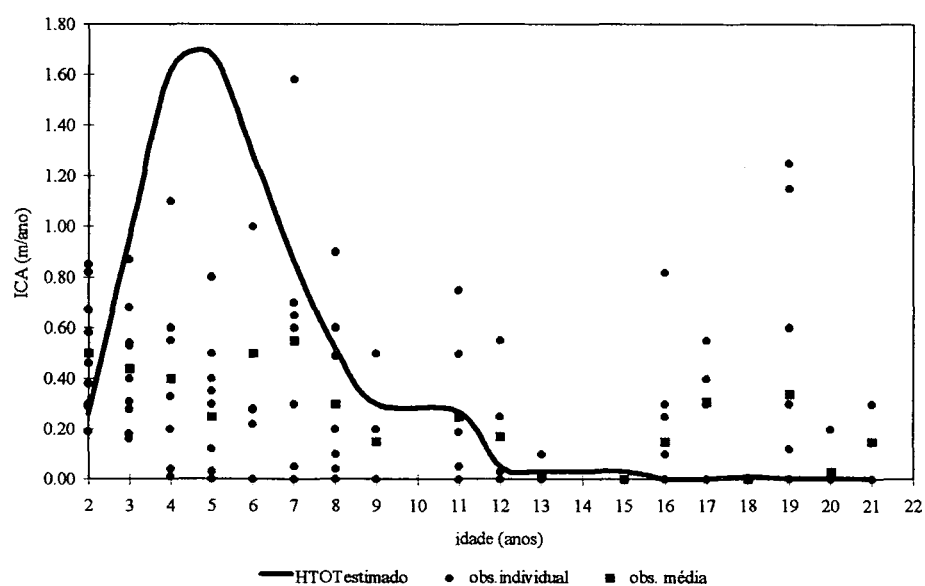
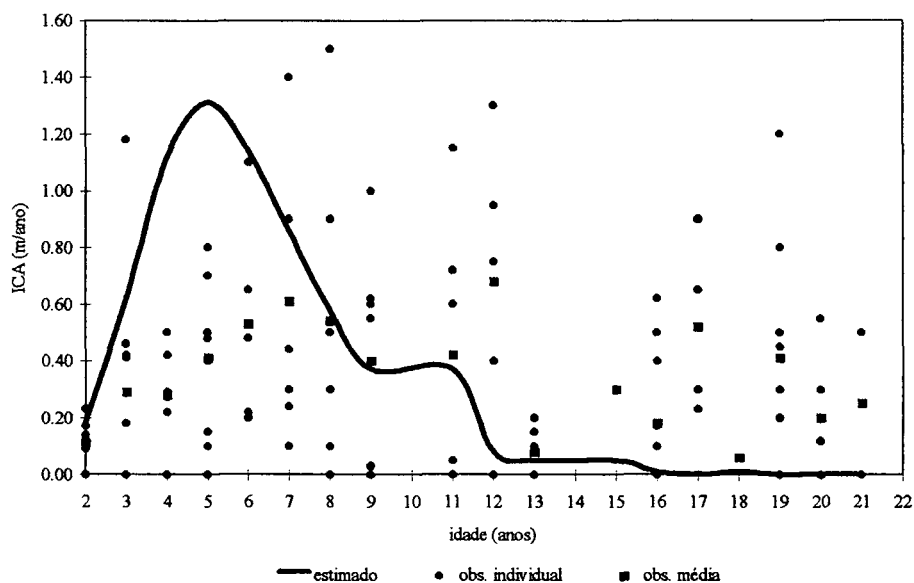


FIGURA 39: ALTURA DE ESTIPE: DISTRIBUIÇÃO DOS INCREMENTOS ESTIMADOS E OBSERVADOS



Para a verificação da precisão do ajuste da curva de ICA estimada, sobre os ICA observados (individuais e médios) em cada variável, foi realizado o cálculo da diferença agregada (DA) entre as estimativas e as observações individuais. Neste cálculo, se os resultados obtidos forem superiores ao limite de 1%, podem indicar mau posicionamento da linha de regressão ou a falta de observações (poucos ICA's).

Pelos resultados, obtidos através do cálculo da Diferença Agregada, a precisão do ajuste da curva de incrementos estimados em DAP, foi de 52,51%, para a Altura Total 44,79%, e para a Altura da Estipe a precisão foi de 19,93%. Estes valores são inferiores ao convencionado como sendo expressivos em termos de validação.

Em conformidade com os resultados obtidos pela Diferença Agregada, conclui-se que a curva dos incrementos estimados não está propiciando boa precisão em relação aos valores observados, e ressalta-se ainda, que estes resultados não são comparáveis entre si.

Dentre os fatores possíveis que podem influenciar a precisão do ajuste da curva de incrementos estimados em relação aos observados, pode-se supor os seguintes:

- Problemas decorrentes da medição, principalmente em relação à Altura Total e a Altura de Estipe. Durante a primeira mensuração, as alturas foram obtidas pelo método indireto, ou seja, foram medidas com hipsômetro, e na segunda mensuração as alturas foram obtidas pelo método direto, isto é, medidas com trena após o corte da árvore. A diferença entre os dois procedimentos para a mensuração das alturas, deve ter influenciado os incrementos observados para estas variáveis, em decorrência de imprecisões na escala de leitura do hipsômetro, e também pelo cometimento de erros sistemáticos que são impossíveis de serem eliminados, podem estar acentuando a amplitude da dispersão, verificada através da análise visual, entre os valores para os ICA observados e os estimados.
- A absoluta falta de controle sobre as condições de sítio e sobre material genético, disponível e utilizado para a pesquisa, pode determinar variações no crescimento individual das árvores, que venham afetar a precisão do ajuste da curva dos incrementos estimados, sobre os valores observados.
- A pouca confiabilidade na variável Idade e também as diferentes quantidade de indivíduos existentes em cada idade, podem também, estar contribuindo para a baixa precisão obtida na curva de incrementos estimados.

Além dos aspectos evidenciados, é possível que a baixa precisão da curva dos incrementos estimados seja afetada ainda, por fatores decorrentes da própria espécie. Em relação a este aspecto, ressalta-se que devido a inexistência de contribuições reportando-se à modelagem do crescimento e da produção em *Euterpe edulis* Mart., os resultados obtidos

nesta pesquisa não puderam ser confrontados com outros. Ressalta-se ainda, que se houvessem Modelos de Crescimento e de Produção desenvolvidos considerando-se especificamente os processos fisiológicos do crescimento de monocotiledôneas (especialmente as palmáceas), estes talvez até pudessem sugerir tendências diferentes das curvas de incrementos habitualmente observadas na área das ciências florestais, e que possibilitassem a obtenção de melhores resultados de precisão em relação aos verificados.

Face aos aspectos discutidos, e para efeito de validação do Modelo de Crescimento e de Produção utilizado (Modelo de Gompertz), tem-se as seguintes considerações:

- Para o DAP, embora na curva ajustada referente aos ICA estimados, sejam verificados problemas relativos à precisão, ressalta-se que através da análise visual constatou-se que os ICA's observados (individuais e médios) distribuíram-se seguindo a tendência dos estimados, e, portanto, as estimativas em DAP obtidas pelo Modelo de Gompertz são satisfatórias em relação às observações.
- Para a Altura Total e a Altura de Estipe, as curvas ajustadas referentes aos ICA estimados, também apresentaram problemas relativos à precisão, e através da análise visual constatou-se que a distribuição dos ICA's observados (individuais e médios) não seguiram a tendência descrita pelos estimados. Em uma análise preliminar pode-se considerar que as estimativas propiciadas pelo Modelo de Gompertz (tanto em Altura Total como em Altura de Estipe), não foram satisfatórias.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O exame dos resultados obtidos neste estudo, permitiu documentar algumas importantes conclusões e recomendações, como segue:

- O conhecimento sobre a correlação existente entre as variáveis dimensionais de uma árvore é fundamental na seleção de variáveis facilmente mensuráveis, por exemplo em *E. edulis* Mart., DAP e Altura de Estipe, para obtenção das estimativas das variáveis dificilmente mensuráveis, através da análise de regressão.
- Para a série de dados estudada, as variáveis correspondentes à biomassa total e parcial, e em especial aquelas localizadas na parte aérea, apresentam valores de correlação mais elevadas entre si, significantes ao nível de 0,05. Porém, tratam-se de variáveis de difícil obtenção (destrutivas), e portanto, a aplicação é limitada em decorrência da necessidade de efetivação do corte da árvore para obtê-las.
- Os valores de correlação da idade para todas as variáveis pesquisadas são baixos, embora significantes ao nível de 0,05, o que pode ser um fator decorrente da própria espécie ou devido a impossibilidade de um controle mais fidedigno sobre esta variável. Contudo, na literatura consultada e disponível não estão documentados estudos que tratem sobre a correlação da idade de *E. edulis* Mart., com quaisquer variáveis desta espécie. Isto posto, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas mais aprofundadas, em relação a este assunto, mediante o estabelecimento de registros de controle mais estritos sobre esta variável, e também em condições de sítio homogêneas, considerando a sua importância para a realização de estudos sobre a viabilidade econômico-financeira da silvicultura desta espécie.

- As correlações verificadas para o DAP e Altura de Estipe, com as demais variáveis oscilaram de média a alta, ao nível de significância de 0,05. Dentre as variáveis consideradas como de fácil mensuração (não destrutivas), estas são as mais facilmente obtidas e menos susceptíveis a erros decorrentes da medição. Portanto, recomenda-se o seu emprego para a estimação das variáveis de difícil obtenção, em especial na predição do Peso do Creme Comestível de palmito.
- Na série de dados estudada, a equação  $Y = b \cdot \text{DAP} + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$ , foi a mais apropriada para a obtenção de estimativas de biomassa (total e parcial) em palmeiras de *Euterpe edulis* Mart., a partir do DAP e da Altura de Estipe.
- Em conformidade com a série de dados estudada, os modelos de Gompertz e de Chapman-Richards apresentaram-se como os mais apropriados para a modelagem do crescimento e da produção para árvores individuais de *Euterpe edulis* Mart.. Este aspecto evidencia que é factível representar o crescimento e a produção em árvores desta espécie, através da utilização de equações matemáticas como função da idade do plantio da muda.

Considerando os resultados obtidos, sugere-se que a utilização destes modelos, em plantios de palmiteiros com objetivos comerciais, que venham a ser estabelecidos, poderão representar satisfatoriamente o crescimento, e propiciar a obtenção de estimativas realistas acerca da produção desejada de creme de palmito, para as árvores individuais desta espécie, e por consequência por unidade de área.

Recomenda-se, entretanto, o desenvolvimento de pesquisas, com o objetivo de aprofundar estudos sobre as relações biológicas existentes entre as variáveis dimensionais pertencentes a árvores da espécie *E. edulis* Mart., bem como para desenvolver modelos matemáticos

que possam propiciar a melhor representação possível para o crescimento e para a produção desta espécie.

- Através da análise dos incrementos obtidos durante o período de 1 ano, conclui-se que as palmeiras pertencentes à série de dados estudada, apresentaram crescimento rápido após o estabelecimento do plantio. O incremento máximo para o DAP foi observado na idade de plantio de 4 anos, enquanto que para a Altura Total e Altura da Estipe o incremento máximo foi verificado na idade de 7 anos. Também, pela análise dos valores estimados, verifica-se que o incremento máximo tanto em DAP, Altura Total e Altura da Estipe ocorrem na idade entre 4 a 6 anos.
- Comparando-se as estimativas obtidas para a produção em DAP, Diâmetro do Creme e Peso do Creme Comestível de palmito, com as suas respectivas observações médias por idade, pode-se obter as seguintes conclusões:
  - A culminação do DAP e do Diâmetro do Creme, ocorreram na mesma idade (8 anos), enquanto que o Peso do Creme, ainda continuou aumentando.
  - O diâmetro mínimo para o corte do creme estabelecido pela legislação, somente ocorrerá a partir da idade de 4 anos, com o peso estimado em 152 g para o creme de palmito. Em conformidade com resultados obtidos, o DAP correspondente ao diâmetro mínimo do creme deverá ser superior a 7,5 cm. Se, dentre os objetivos estabelecidos para o manejo, forem contempladas atividades de condução da regeneração natural, a execução do corte das palmeiras é aconselhada após a idade de 7 anos, quando então a floração e frutificação tornar-se-ão constantes. Aos 7 anos, a estimativa para o Peso do Creme Comestível é de 460 g, com um diâmetro de creme situado na base correspondente a 4,1 cm.

- De acordo com as estimativas obtidas para o Peso de Creme Comestível de palmito, para os dados utilizados no desenvolvimento da pesquisa, um palmito com a idade de 5 anos produzirá em média de 300 g de creme comestível, na idade entre 9 a 15 anos a produção média será entre 515 g a 544 g, enquanto que para as idades superiores a 18 anos, até 21 anos (que é a idade de limite estabelecida nesta pesquisa), a produção estimada será 545 g aproximadamente.



## **ANEXOS**

## ANEXO I - FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**  
**PESQUISA EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PALMITO *Euterpe edulis***

**FORMULÁRIO DE CAMPO****1) NÚMERO DA UNIDADE AMOSTRAL:****2) CARACTERÍSTICAS DO IMÓVEL:**

Denominação: \_\_\_\_\_

Superfície: \_\_\_\_\_ ha

Urbano:

( ) Sim ( ) Não

Endereço: \_\_\_\_\_ Município: \_\_\_\_\_

Proprietário: \_\_\_\_\_

Reside no Imóvel:

( ) Sim ( ) Não

**3) CARACTERÍSTICAS DO SÍTIO:**

textura do solo	argilosa	
	siltosa	
	arenosa	
lençol freático	alto	
	baixo	
luminosidade	alta	
	baixa	
declividade	plano	
	< 20 <sup>0</sup>	

ano de plantio		
método de plantio	semente	
	muda produzida	
	muda transplantada	
época de plantio	primavera	
	verão	
	outono	
	inverno	
exposição	(N; S; E; W)	

Condições Fitossanitárias:

---



---



---



---

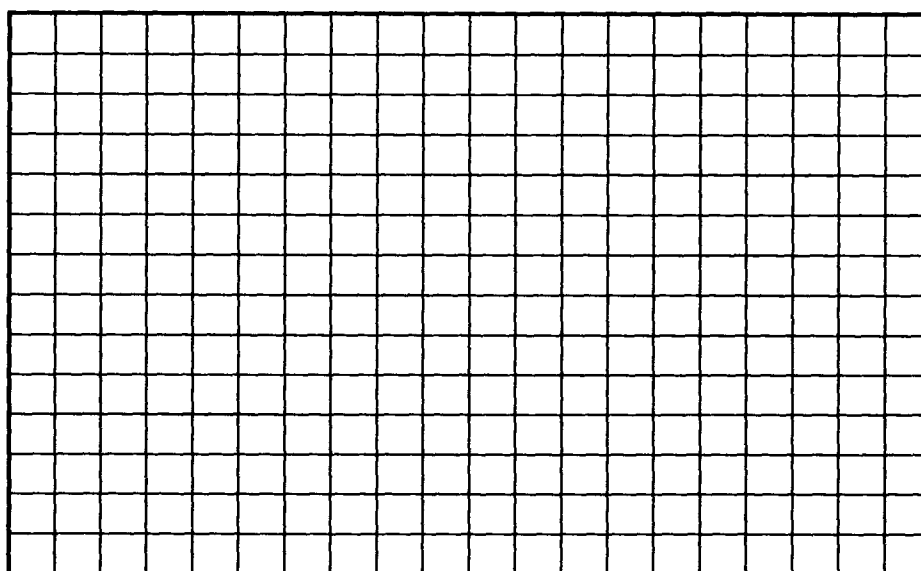
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**  
**PESQUISA EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PALMITO *Euterpe edulis***

**4) CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS:**

MENSURAÇÕES							
Mensuração				2ª Mensuração			
Data:				Data:			
DAP (cm)				DAP (cm)			
Altura Total (m)*				Altura Total (m)*			
Altura da estipe (m)				Altura da estipe (m)			
Diâmetro da Cabeça (cm)				Diâmetro da Cabeça (cm)			
Comprimento da Cabeça (cm)				Comprimento da Cabeça (cm)			
Peso da Cabeça (g)				Peso da Cabeça (g)			
Diâmetro do Creme (cm)				Diâmetro do Creme (cm)			
Comprimento do Creme (cm)				Comprimento do Creme (cm)			
Peso do Creme (g)				Peso do Creme (g)			
Fenologia	nº de cachos			Fenologia	nº de cachos		
	floração				floração		
	frutos	verdes			frutos	verdes	
		maduros				maduros	

\* altura até a inserção da 1ª folha.

**5) Croqui:**



## ANEXO II - FORMULÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE BIOMASSA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**  
**PESQUISA EM CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE PALMITO *Euterpe edulis***

# ANEXO III - AUTORIZAÇÃO DE CORTE EMITIDA PELO IAP



## AUTORIZAÇÃO

NÚMERO: 083/97 - ERLIT

PROTOCOLO Nº: 844/97

VALIDADE: 18/08/97

O Sr. Jeferson Luiz Gonçalves Wendling -  
proprietário de um imóvel situado, conforme relação anexa, município de  
Morretes,  
está autorizado a efetuar o corte de 142 (cento e quarenta e duas) árvores,  
espécies "Palmáceas",  
por motivo de, pesquisa e dissertação de mestrado.

O abate deverá ser executado com todas as medidas de  
segurança. Os danos causados a outrem por eventual falha no trabalho do abate,  
será de intensa responsabilidade do proprietário de conformidade com o artigo  
627 do Código Civil Brasileiro, isentando de quaisquer responsabilidade o  
IBAMA e o DIRAM/IAP.

O produto do abate deverá ser transportado com a presente  
autorização e guia florestal.

OBS:- O não atendimento ao explicitamente contido nesta autorização  
acarretará nas penalidades legais cabíveis.

Paranaguá, 18 de junho de 1.997.

  
Mauro Cesar Lanzoni  
Chefe Regional - ERLIT

**ANEXO IV - PESOS (kg) OBSERVADOS E ESTIMADOS POR COMPONENTE DA PALMEIRA**

Número da Árvore	Peso de estipe (kg)		Peso do colmo (kg)		Peso de folhas (kg)		Peso total (kg)	
	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
29	28,2	31,22	6,0	11,11	5,6	8,77	39,8	51,25
48	15,2	10,51	5,7	5,35	4,7	4,97	25,6	20,86
49	13,1	10,59	5,0	5,32	3,3	4,92	21,4	20,87
141	49,9	47,25	19,4	14,45	13,5	10,31	82,8	72,24
127	64,7	57,49	14,3	17,76	13,6	12,75	92,6	88,29
70	42,1	43,77	8,0	13,87	7,3	10,15	57,4	68,01
72	104,9	93,55	24,0	24,95	15,5	15,81	144,4	134,80
55	27,7	23,24	7,0	9,21	5,9	7,70	40,6	40,24
133	57,2	61,05	18,2	18,62	12,7	13,25	88,1	93,23
7	53,4	51,06	12,6	15,15	9,0	10,55	75,0	77,01
86	22,0	24,01	8,4	8,97	8,0	7,27	38,4	40,36
83	71,4	61,34	13,7	17,53	11,3	11,83	106,4	91,02
51	63,4	64,53	19,1	18,54	14,7	12,57	97,2	95,97
76	55,1	60,82	18,2	17,69	10,5	12,12	83,8	90,94
22	44,0	42,56	12,9	13,14	7,9	9,43	64,8	65,34
68	82,3	67,83	30,4	19,44	29,5	13,15	142,2	100,77
5	59,7	54,94	14,8	16,52	11,0	11,63	85,5	83,37
94	46,5	51,54	14,7	15,65	8,5	11,09	69,7	78,53
89	42,9	57,11	9,4	16,48	7,6	11,22	59,9	85,11
132	112,0	98,06	26,3	25,92	14,5	16,28	152,8	140,78
79	69,1	80,23	11,0	22,22	9,7	14,58	89,8	117,44
1	87,2	95,07	15,2	25,47	14,9	16,23	117,3	137,28
74	41,7	45,34	24,6	13,89	13,9	9,91	80,2	69,36
73	37,2	35,04	14,8	11,37	11,7	8,46	63,7	55,04
140	97,8	105,07	37,2	28,43	18,9	18,26	153,9	152,31
105	67,0	72,04	19,4	20,53	12,0	13,82	98,4	106,76
104	54,7	52,27	22,0	15,75	13,8	11,10	90,5	79,40
115	63,0	68,46	22,3	19,70	13,1	13,38	98,4	101,90
114	50,8	58,89	20,5	17,20	11,3	11,83	82,1	88,22
64	82,2	77,89	26,4	21,64	13,0	14,25	121,6	114,19

**ANEXO V - PESOS (g) OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA CABEÇA DE PALMITO**

Número da Árvore	Peso da cabeça de palmito (g)	
	Observado	Estimado
29	1100	1382
48	1000	843
49	800	834
141	1900	1535
127	1500	1907
70	850	1535
72	1800	2176
55	900	1248
133	2100	1970
7	1700	1548
86	1400	1161
83	1700	1702
51	2100	1814
76	1200	1760
22	1400	1410
68	3400	1895
5	2100	1718
94	1500	1646
89	1000	1623
132	2000	2226
79	1900	2057
1	1800	2242
74	2000	1476
73	1300	1291
140	3100	2539
105	1700	1985
104	1700	1642
115	2500	1932
114	1300	1722
64	2000	2016

**ANEXO VI - PESOS (g) OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA AS CABEÇAS DE  
PALMITO DE TODAS AS 91 ÁRVORES**

Número da árvore	Peso da cabeça (g)		Número da árvore	Peso da cabeça (g)		Número da árvore	Peso da cabeça (g)	
	obs.	est.		obs.	est.		obs.	est.
1	1800	2242	62	1400	1718	101	1350	1438
2	2000	2053	63	2400	2403	102	1100	1524
5	2100	1718	64	2000	2016	103	950	1262
6	2000	1529	65	700	1190	104	1700	1642
7	1700	1548	66	800	1288	105	1700	1985
8	1200	1694	67	1100	1163	106	1800	1604
9	1900	1645	68	3400	1895	113	1900	2732
10	2000	1572	69	1600	1353	114	1300	1722
11	1300	1672	70	850	1535	115	2500	1932
12	1300	1452	71	1700	1432	121	1400	2146
18	1300	1572	72	1800	2176	122	1200	1719
20	1600	1700	73	1300	1291	124	3800	3815
21	1700	1819	74	2000	1476	125	4000	3115
22	1400	1410	75	1900	1671	126	2400	4760
29	1100	1382	76	1200	1737	127	1500	1907
30	400	780	79	1900	2103	128	1600	1298
31	900	1286	80	2600	2134	129	3400	2809
33	700	1066	81	2000	1929	131	2000	2090
45	200	527	82	900	1418	132	2000	2180
46	500	614	83	1700	1702	133	2100	1970
47	650	724	84	2000	1866	134	1500	1650
48	1000	843	85	1200	1930	135	1500	1845
49	800	834	86	1400	1161	136	1900	1504
50	1400	2047	87	600	1294	137	3200	2748
51	2100	1814	88	1600	2192	138	3000	2612
52	900	950	89	1000	1623	139	2700	3134
53	1000	1419	90	1900	1564	140	3100	2547
55	900	1248	91	1800	1534	141	1900	1535
56	600	920	93	900	1452	142	3200	2369
60	2300	2953	94	1500	1646			
61	1400	1851	98	1100	1441			



## ANEXO VII - ANÁLISE DE VARIÂNCIA E RESULTADO DO TESTE SIGNIFICÂNCIA DO INTERCEPTO PARA CADA MODELO AJUSTADO EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DEPENDENTE

- Para estimativa do Peso de Estipe

**Modelo 1:**  $\ln P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \ln DAP$

**ANOVA (com intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	6,440394	6,440394	135,85**	0,8291	0,8230
RES.	28	1,327427	0,047408			
TOT.	29	7,767821				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	468,6473	468,6473	135,85**	0,8291	0,8230
RES.	29	2,3839	0,0822			
TOT.	30	471,0423				

significância do termo a:

$$F(1,29) = \frac{(2,3839 - 1,327427) \div 1}{1,327427 \div 29} = 23,08^{**}$$

$$F(0,05/1,29) = 4,18$$

$$F(0,01/1,29) = 7,60$$

**Modelo 2:**  $P_{\text{estipe}} = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	12624,32	6132,162	32,97696**	0,7095	0,6880
RES.	27	5168,10	191,411			
TOT.	29	17792,43				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	109519,7	54759,84	287,5191**	0,9536	0,9502
RES.	28	5332,8	190,46			
TOT.	30	114852,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5332,8 - 5168,10) \div 1}{5168,10 \div 28} = 0,89^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 3:**  $P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	16370,43	8185,215	155,4158**	0,9200	0,9142
RES.	27	1422,00	52,667			
TOT.	29	17792,43				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	113387,2	56693,60	1083,372**	0,9872	0,9863
RES.	28	1465,3	52,33			
TOT.	30	114852,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(1465,3 - 1422,00) \div 1}{1422,00 \div 28} = 0,85^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 4:**  $P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2 + d \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	16371,25	5457,083	99,8355**	0,9201	0,9109
RES.	26	1421,18	54,661			
TOT.	29	17792,43				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	113427,5	37809,51	716,9237**	0,9876	0,9862
RES.	27	1423,9	52,74			
TOT.	30	114852,5				

significância do termo a:

$$F(1,27) = \frac{(1423,9 - 1421,18) \div 1}{1421,18 \div 27} = 0,05^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,27) = 4,21$$

$$F(0,01/1,27) = 7,68$$

**Modelo 5:**  $P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \text{DAP}^2 + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	16371,41	8185,624	155,513**	0,9201	0,9142
RES.	27	1421,18	52,636			
TOT.	29	17792,43				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	113307,1	56693,54	1026,482**	0,9865	0,9856
ROES.	28	1545,4	55,19			
TOT.	30	114852,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(1545,4 - 1421,18) \div 1}{1421,18 \div 28} = 2,44^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 6:**  $P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	150921,31	7546,157	155,513**	0,8482	0,8370
RES.	27	2700,11	100,004			
TOT.	29	17792,43				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	109202,4	54601,21	270,5877**	0,9508	0,9473
RES.	28	5650,0	201,79			
TOT.	30	114852,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5650,0 - 2700,11) \div 1}{2700,11 \div 28} = 30,59^{**}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 7:**  $\ln P_{\text{estipe}} = a + b \cdot \ln DAP + c \cdot \ln H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	7,240117	3,620059	185,220**	0,9321	0,9270
RES.	27	0,527704	0,019545			
TOT.	29	7,767821				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	470,3753	235,1876	9873,271**	0,9989	0,9985
RES.	28	0,6670	0,2389			
TOT.	30	471,0423				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(0,6670 - 0,527704) \div 1}{0,527704 \div 28} = 7,39^*$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

- Para estimativa do Peso do Colmo

**Modelo 1:**  $\ln P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \ln DAP$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	4,145375	4,145375	32,07**	0,5340	0,5174
RES.	28	3,617464	0,129195			
TOT.	29	7,762839				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	221,6019	221,6019	1392,503**	0,9795	0,9789
RES.	29	4,6150	0,1591			
TOT.	30	226,2169				

significância do termo a:

$$F(1,29) = \frac{(4,6150 - 3,617464) \div 1}{3,617464 \div 29} = 0,87^{*ns}$$

$$F(0,05/1,29) = 4,18$$

$$F(0,01/1,29) = 7,60$$

**Modelo 2:**  $P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	847,870	423,9350	12,48157**	0,4804	0,4419
RES.	27	917,052	33,9649			
TOT.	29	1764,922				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	9230,91	4615,456	140,8656**	0,9096	0,9031
RES.	28	917,42	32,765			
TOT.	30	10148,33				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(917,42 - 917,052) \div 1}{917,052 \div 28} = 0,01^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 3:**  $P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	950,254	475,1271	15,7468**	0,5384	0,5042
RES.	27	814,667	30,1729			
TOT.	29	1764,922				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	9333,11	4666,556	160,28**	0,9197	0,9139
RES.	28	815,22	29,115			
TOT.	30	10148,33				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(815,22 - 814,667) \div 1}{814,667 \div 28} = 0,02^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 4:**  $P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2 + d \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	963,416	321,1386	10,4174**	0,5459	0,4935
RES.	26	801,506	30,8271			
TOT.	29	1764,922				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	9337,37	3112,458	103,6264**	0,9201	0,9112
RES.	27	810,96	30,035			
TOT.	30	10148,33				

significância do termo a:

$$F(1,27) = \frac{(810,96 - 801,506) \div 1}{801,506 \div 27} = 0,32^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,27) = 4,21$$

$$F(0,01/1,27) = 7,68$$

**Modelo 5:**  $P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \text{DAP}^2 + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	956,418	478,2091	15,9698**	0,5419	0,5080
RES.	27	808,503	29,9446			
TOT.	29	1764,922				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	9330,27	4665,137	159,6758**	0,9194	0,9136
RES.	28	818,06	29,216			
TOT.	30	10148,33				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(818,06 - 808,503) \div 1}{808,503 \div 28} = 0,33^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 6:**  $P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	908,346	454,1732	14,3159**	0,5147	0,4787
RES.	27	856,575	31,7250			
TOT.	29	1764,922				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	9130,28	44565,138	125,5570**	0,8999	0,8925
RES.	28	1018,05	36,359			
TOT.	30	10148,33				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(1018,05 - 856,575) \div 1}{856,575 \div 28} = 5,28^*$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 7:**  $\ln P_{\text{colmo}} = a + b \cdot \ln \text{DAP} + c \cdot \ln H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4,859830	2,429915	22,5999**	0,6260	0,5983
RES.	27	2,903009	0,107519			
TOT.	29	7,762839				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	223,1731	111,5866	1026,496**	0,9865	0,9856
RES.	28	3,0438	0,1087			
TOT.	30	226,2129				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(3,0438 - 2,903009) \div 1}{2,903009 \div 28} = 1,35^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

- Para estimativa do Peso de Folhas

**Modelo 1:**  $\ln P_{\text{folha}} = a + b \cdot \ln \text{DAP}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	3,264617	3,264617	40,21719**	0,5895	0,5749
RES.	28	2,272891	0,081175			
TOT.	29	5,537508				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	169,6882	169,6882	1596,922**	0,9822	0,9815
RES.	29	3,0815	0,1063			
TOT.	30	172,7697				

significância do termo a:

$$F(1,29) = \frac{(3,0815 - 2,272891) \div 1}{2,272891 \div 29} = 10,32^{**}$$

$$F(0,05/1,29) = 4,18$$

$$F(0,01/1,29) = 7,60$$

**Modelo 2:**  $P_{\text{folha}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	288,1564	144,0782	9,244**	0,4064	0,3625
RES.	27	420,8133	15,5857			
TOT.	29	708,9697				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4295,250	2147,625	141,4774**	0,9099	0,9035
RES.	28	425,040	15,180			
TOT.	30	4720,290				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(425,040 - 420,8133) \div 1}{420,8133 \div 28} = 0,28^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$



**Modelo 3:**  $P_{folha} = a + b \cdot DAP + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	306,6793	153,3397	10,2915**	0,4376	0,3905
RES.	27	402,293	14,8996			
TOT.	29	708,9697				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4316,664	2158,332	149,7228**	0,9145	0,9084
RES.	28	403,626	14,415			
TOT.	30	4720,290				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(403,626 - 402,293) \div 1}{402,293 \div 28} = 0,09^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 4:**  $P_{folha} = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	307,0415	102,3472	6,620653**	0,4331	0,3677
RES.	26	401,9281	15,4588			
TOT.	29	708,9697				

**ANOVA s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	4317,370	1439,123	96,4369**	0,9146	0,9052
RES.	27	402,920	14,923			
TOT.	30	4720,290				

significância do termo a:

$$F(1,27) = \frac{(402,920 - 401,9281) \div 1}{401,9281 \div 27} = 0,07^{ns}$$

$$F(0,05/1,27) = 4,21$$

$$F(0,01/1,27) = 7,68$$

**Modelo 5:**  $P_{folha} = a + b \cdot DAP^2 + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	306,6793	153,3397	10,16458*	0,4326	0,3905
RES.	27	402,2903	14,8996			
TOT.	29	708,9697				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4316,664	2158,332	143,5432**	0,9145	0,9048
RES.	28	403,626	14,415			
TOT.	30	4720,290				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(403,626 - 402,2903) \div 1}{402,2903 \div 28} = 0,09^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 6:**  $P_{folha} = a + b \cdot DAP + c \cdot H_{estipe}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	308,2195	154,1097	10,3829**	0,4347	0,3929
RES.	27	400,7502	14,8426			
TOT.	29	708,9697				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4281,576	2140,788	136,6312**	0,9070	0,9004
RES.	28	438,714	15,668			
TOT.	30	4720,290				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(438,714 - 400,7502) \div 1}{400,7505 \div 28} = 2,65^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 7:**  $\ln P_{\text{folha}} = a + b \cdot \ln DAP + c \cdot \ln H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	3,627232	1,813616	25,6338**	0,6550	0,6295
RES.	27	1,910276	0,070751			
TOT.	29	5,537508				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	170,6792	85,33961	1143,031**	0,9879	0,9870
RES.	28	2,0905	0,07466			
TOT.	30	172,7697				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(2,0905 - 1,910276) \div 1}{1,910276 \div 28} = 2,64^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

- Para estimativa do Peso Total

**Modelo 1:**  $\ln P_{\text{total}} = a + b \cdot \ln DAP$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	5,435010	5,435010	102,2369**	0,7850	0,7773
RES.	28	1,488506	0,53161			
TOT.	29	6,923516				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	572,2356	572,2356	8611,491**	0,9966	0,9965
RES.	29	1,9271	0,0605			
TOT.	30	574,1627				

significância do termo a:

$$F(1,29) = \frac{(1,9271 - 1,488506) \div 1}{1,488506 \div 29} = 8,54^{**}$$

$$F(0,05/1,29) = 4,18$$

$$F(0,01/1,29) = 7,60$$

**Modelo 2:**  $P_{\text{total}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	24920,44	12460,22	30,3873**	0,6924	0,6696
RES.	27	11071,28	410,05			
TOT.	29	35991,71				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	243873,4	121936,7	301,9791**	0,9557	0,9525
RES.	28	11306,2	403,8			
TOT.	30	255179,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(11306,2 - 11071,28) \div 1}{11071,28 \div 28} = 0,59^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 3:**  $P_{\text{total}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	30982,79	15491,1	83,50**	0,8608	0,8508
RES.	27	5008,92	185,52			
TOT.	29	35991,71				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	250132,3	155066,1	693,8125**	0,9802	0,9788
RES.	28	5047,3	180,3			
TOT.	30	255179,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5047,3 - 5008,92) \div 1}{5008,92 \div 28} = 0,2^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 4:**  $P_{\text{total}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot \text{DAP}^2 + d \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	30983,42	10327,81	53,6156**	0,8608	0,8448
RES.	26	5008,30	192,63			
TOT.	29	35991,71				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	250161,7	83387,24	488,6928**	0,9803	0,9715
RES.	27	5017,8	185,84			
TOT.	30	255179,5				

significância do termo a:

$$F(1,27) = \frac{(5017,8 - 5008,30) \div 1}{5008,30 \div 27} = 0,05^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,27) = 4,21$$

$$F(0,01/1,27) = 7,68$$

**Modelo 5:**  $P_{\text{total}} = a + b \cdot \text{DAP}^2 + c \cdot (\text{DAP}^2 \cdot H_{\text{estipe}})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	30983,39	15491,69	83,5165**	0,8608	0,8505
RES.	27	5008,33	185,49			
TOT.	29	35991,71				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	249782,0	124891,0	647,8816**	0,9788	0,9773
RES.	28	5397,5	1192,8			
TOT.	30	255179,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5397,5 - 5008,33) \div 1}{5008,33 \div 28} = 2,18^{\text{ns}}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 6:**  $P_{\text{total}} = a + b \cdot \text{DAP} + c \cdot H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	29176,78	14588,39	57,7976**	0,8106	0,7966
RES.	27	6814,93	252,40			
TOT.	29	35991,71				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	243145,5	121572,8	282,8676**	0,9528	0,9495
RES.	28	12034,0	429,8			
TOT.	30	255179,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(12034,0 - 6814,93) \div 1}{6814,93 \div 28} = 21,44^{**}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 7:**  $\ln P_{\text{total}} = a + b \cdot \ln \text{DAP} + c \cdot \ln H_{\text{estipe}}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	6,209024	3,104512	117,3166**	0,9528	0,9495
RES.	27	0,714492	0,026463			
TOT.	29	6,923516				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	573,4427	286,7213	11149,88**	0,9987	0,9986
RES.	28	0,7200	0,0257			
TOT.	30	574,1627				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(0,7200 - 0,714492) \div 1}{0,714492 \div 28} = 0,22^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

• Para estimativa do Peso da Cabeça

**Modelo 1:**  $\ln P_{cab} = a + b \cdot \ln DAP$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	1,735291	1,735291	24,9389**	0,4710	0,4522
RES.	28	1,948287	0,069582			
TOT.	29	3,683577				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	1	1630,247	1630,247	11210,54**	0,9974	0,9973
RES.	29	4,217	0,145			
TOT.	30	1634,464				

significância do termo a:

$$F(1,29) = \frac{(4,217 - 1,948287) \div 1}{1,948287 \div 29} = 33,77^{**}$$

$$F(0,05/1,29) = 4,18$$

$$F(0,01/1,29) = 7,60$$

**Modelo 2:**  $P_{cab} = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4846701,5	2423250,73	11,2159**	0,4538	0,4133
RES.	27	5833715,2	216063,53			
TOT.	29	10680416,7				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	90639973,2	45319986,6	215,3507**	0,9390	0,9346
RES.	28	5892526,8	210447,4			
TOT.	30	96532500,0				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5892526,8 - 5833715,2) \div 1}{5833715,2 \div 28} = 0,28^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 3:**  $P_{cab} = a + b \cdot DAP + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4809221,04	2004610,52	11,0582**	0,4503	0,4096
RES.	27	5871195,63	217451,69			
TOT.	29	10680416,6				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	90638261,3	45319130,7	215,2841**	0,9389	0,9345
RES.	28	5894238,7	210508,5			
TOT.	30	96532500,0				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(5894238,7 - 5871195,63) \div 1}{5871195,63 \div 28} = 0,11^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,20$$

$$F(0,01/1,28) = 7,64$$

**Modelo 4:**  $P_{cab} = a + b \cdot DAP + c \cdot DAP^2 + d \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	4974698,7	1658232,6	7,5563**	0,4658	0,4041
RES.	26	5705719,0	219450,7			
TOT.	29	106800416,				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	3	90725256,3	30241752,1	140,6050**	0,9398	0,9332
RES.	27	5807243,7	215083,1			
TOT.	30	96532500,0				

significância do termo a:

$$F(1,27) = \frac{(1423,9 - 1421,18) \div 1}{1421,18 \div 27} = 0,48^{ns}$$

$$F(0,05/1,27) = 4,21$$

$$F(0,01/1,27) = 7,68$$



**Modelo 5:**  $P_{cab} = a + b \cdot DAP^2 + c \cdot (DAP^2 \cdot H_{estipe})$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4923191,2	2461595,6	11,5443**	0,4610	0,4210
RES.	27	5757225,5	213230,6			
TOT.	29	10680416,7				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	90371026,2	45185513,1	205,3396**	0,9362	0,9316
RES.	28	6161473,8	220052,6			
TOT.	23	96532500,5				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(6161473,8 - 5757225,5) \div 1}{5757225,5 \div 28} = 1,97^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 6:**  $P_{cab} = a + b \cdot DAP + c \cdot H_{estipe}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	4704875,4	2352437,7	10,6293**	0,4405	0,3991
RES.	27	5975541,3	221316,4			
TOT.	29	10680416,7				

**ANOVA(s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	90131296,6	45065648,3	197,1251**	0,9337	0,9290
RES.	28	6401203,4	228614,4			
TOT.	30	96532500,0				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(6401203,4 - 5975541,3) \div 1}{5975541,3 \div 28} = 1,99^{ns}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**Modelo 7:**  $\ln P_{cab} = a + b \cdot \ln DAP + c \cdot \ln H_{estipe}$

**ANOVA (c/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	1,798565	0,899283	12,8809**	0,4883	0,4504
RES.	27	1,885012	0,069815			
TOT.	29	3,683577				

**ANOVA (s/ intercepto)**

F V	GL	SQ	QM	F	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> <sub>ajustado</sub>
REG.	2	1630,621	815,3106	5940,426**	0,9976	0,9975
RES.	28	3,843	0,1372			
TOT.	30	1634,464				

significância do termo a:

$$F(1,28) = \frac{(3,843 - 1,885012) \div 1}{1,885012 \div 28} = 29,08^{**}$$

$$F(0,05/1,28) = 4,21$$

$$F(0,01/1,28) = 7,68$$

**ANEXO VIII - INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA), NO PERÍODO 96/97,  
PARA DAP, D<sub>60</sub>, ALTURA TOTAL, ALTURA DE ESTIPE E  
COMPRIMENTO DO COLMO EM 115 ÁRVORES DE *Euterpe edulis*  
Mart. (PALMITEIRO)**

Número da Árvore	Ano do Plantio	1996					1997					Incremento 96/97				
		DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L.Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L.Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H estipe (m)	L.Colmo (m)
34	95	0,0	0,0	0,50	0,00	0,50	0,00	2,70	0,69	0,11	0,58	0,0	2,7	0,19	0,11	0,08
35	95	0,0	0,0	0,60	0,00	0,60	0,00	3,80	1,10	0,23	0,87	0,0	3,8	0,50	0,23	0,27
36	95	0,0	0,0	0,54	0,00	0,54	0,00	5,40	1,12	0,17	0,95	0,0	5,4	0,58	0,17	0,41
37	95	0,0	0,0	0,52	0,00	0,52	1,90	4,10	1,34	0,14	1,20	1,9	4,1	0,82	0,14	0,68
38	95	0,0	0,0	0,56	0,00	0,56	0,00	3,30	0,86	0,12	0,74	0,0	3,3	0,30	0,12	0,18
39	95	0,0	0,0	0,32	0,00	0,32	0,00	2,10	0,70	0,00	0,70	0,0	2,1	0,38	0,00	0,38
40	95	0,0	0,0	0,52	0,00	0,52	0,00	4,10	0,98	0,09	0,89	0,0	4,1	0,46	0,09	0,37
41	95	0,0	0,0	0,47	0,00	0,47	1,90	5,20	1,32	0,11	1,21	1,9	5,2	0,85	0,11	0,74
42	95	0,0	0,0	0,44	0,00	0,44	0,00	5,10	1,11	0,14	0,97	0,0	5,1	0,67	0,14	0,53
43	95	0,0	0,0	0,37	0,00	0,37	0,00	2,50	0,66	0,00	0,66	0,0	2,5	0,29	0,00	0,29
13	94	0,0	4,1	0,92	0,00	0,92	3,10	4,10	1,46	0,46	1,00	3,1	0,0	0,54	0,46	0,08
14	94	0,0	4,8	1,07	0,00	1,07	4,60	5,50	1,60	0,41	1,19	4,6	0,7	0,53	0,41	0,12
15	94	0,0	3,0	0,65	0,00	0,65	0,00	3,50	0,93	0,00	0,93	0,0	0,5	0,28	0,00	0,28
16	94	0,0	2,6	0,55	0,00	0,55	3,60	5,40	1,42	0,42	1,00	3,6	2,8	0,87	0,42	0,45
17	94	0,0	3,6	0,85	0,00	0,85	0,00	4,30	1,03	0,18	0,85	0,0	0,7	0,18	0,18	0,00
116	94	0,0	0,0	0,29	0,00	0,29	0,00	0,00	0,45	0,00	0,45	0,0	0,0	0,16	0,00	0,16
117	94	0,0	0,0	0,24	0,00	0,24	0,00	0,00	0,55	0,00	0,55	0,0	0,0	0,31	0,00	0,31
118	94	0,0	0,0	0,29	0,00	0,29	0,00	3,70	0,69	0,00	0,69	0,0	3,7	0,40	0,00	0,40
119	94	0,0	0,0	0,50	0,00	0,50	0,00	4,30	1,18	1,18	0,00	0,0	4,3	0,68	1,18	-0,50
29	93	10,4	11,5	3,50	3,00	0,50	10,60	11,70	4,60	3,50	1,10	0,2	0,2	1,10	0,50	0,60
30	93	5,6	8,4	2,38	1,47	0,91	6,70	10,80	2,42	1,74	0,68	1,1	2,4	0,04	0,27	-0,23
31	93	8,6	10,1	3,00	2,20	0,80	10,30	11,60	3,55	2,62	0,93	1,7	1,5	0,55	0,42	0,13
33	93	7,1	10,7	2,77	2,01	0,76	8,80	11,80	3,10	2,30	0,80	1,7	1,1	0,33	0,29	0,04
54	93	5,1	5,4	1,30	0,42	0,88	7,10	7,40	1,90	0,69	1,21	2,0	2,0	0,60	0,27	0,33
45	93	0,0	4,6	1,30	0,60	0,70	4,70	4,70	1,50	0,82	0,68	4,7	0,1	0,20	0,22	-0,02
46	93	5,4	6,4	1,90	1,25	0,65	5,40	7,00	1,91	1,25	0,66	0,0	0,6	0,01	0,00	0,01
47	92	6,3	5,6	2,80	1,40	1,40	6,30	8,40	2,80	1,40	1,40	0,0	2,8	0,00	0,00	0,00
48	92	6,4	7,9	2,45	1,32	1,13	7,20	10,00	2,80	1,80	1,00	0,8	2,1	0,35	0,48	-0,13
49	92	6,2	8,9	2,67	1,80	0,87	7,10	10,30	2,70	1,90	0,80	0,9	1,4	0,03	0,10	-0,07
62	92	12,4	13,1	4,70	3,50	1,20	12,40	15,30	5,50	4,20	1,30	0,0	2,2	0,80	0,70	0,10
63	92	15,5	18,0	6,50	4,50	2,00	15,50	18,10	6,80	5,30	1,50	0,0	0,1	0,30	0,80	-0,50
65	92	8,9	10,1	5,00	4,00	1,00	9,10	10,10	5,00	4,15	0,85	0,2	0,0	0,00	0,15	-0,15
66	92	9,4	9,6	5,75	4,75	1,00	9,40	9,60	6,15	5,25	0,90	0,0	0,0	0,40	0,50	-0,10
67	92	8,6	9,8	4,75	3,75	1,00	9,00	10,20	4,87	3,90	0,97	0,4	0,4	0,12	0,15	-0,03
84	92	12,7	14,3	6,00	4,50	1,50	12,70	14,30	6,50	5,30	1,20	0,0	0,0	0,50	0,80	-0,30
85	92	12,7	14,5	6,50	5,00	1,50	13,00	14,50	6,50	5,40	1,10	0,3	0,0	0,00	0,40	-0,40

continua...

## Continuação

Número da Árvore	Ano do Plantio	1996					1997					Incremento 96/97				
		DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L.Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L.Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L.Colmo (m)
87	91	10,2	11,0	3,79	2,79	1,00	10,20	11,00	4,01	3,01	1,00	0,0	0,0	0,22	0,22	0,00
127	91	12,7	15,1	4,80	3,30	1,50	13,40	16,00	5,80	4,40	1,40	0,7	0,9	1,00	1,10	-0,10
128	91	9,2	11,0	4,20	2,60	1,60	10,20	12,30	4,20	3,08	1,12	1,0	1,3	0,00	0,48	-0,48
129	91	16,1	18,0	3,80	2,80	1,00	19,20	20,40	4,80	3,45	1,35	3,1	2,4	1,00	0,65	0,35
141	91	10,7	10,8	6,50	5,50	1,00	10,70	10,80	6,78	5,70	1,08	0,0	0,0	0,28	0,20	0,08
55	90	7,1	8,9	2,12	1,30	0,82	10,00	12,40	3,70	2,70	1,00	2,9	3,5	1,58	1,40	0,18
70	90	11,0	11,8	5,50	4,00	1,50	11,00	12,10	6,15	4,90	1,25	0,0	0,3	0,65	0,90	-0,25
71	90	10,2	10,8	6,50	5,00	1,50	10,20	10,80	6,55	5,44	1,11	0,0	0,0	0,05	0,44	-0,39
72	90	12,9	14,5	9,50	8,00	1,50	12,90	14,60	9,50	8,30	1,20	0,0	0,1	0,00	0,30	-0,30
101	90	9,8	11,1	6,90	5,60	1,30	9,90	11,10	7,50	6,50	1,00	0,1	0,0	0,60	0,90	-0,3
102	90	9,9	10,3	8,50	8,00	0,50	9,90	10,40	9,20	8,10	1,10	0,0	0,1	0,70	0,10	0,60
103	90	9,1	9,4	6,50	5,50	1,00	9,10	9,40	6,80	5,74	1,06	0,0	0,0	0,30	0,24	0,06
7	89	10,5	12,2	7,80	6,40	1,40	10,50	12,20	8,00	6,50	1,50	0,0	0,0	0,20	0,10	0,10
8	89	11,0	12,6	8,10	6,90	1,20	11,10	13,00	8,20	7,00	1,20	0,1	0,4	0,10	0,10	0,00
9	89	11,2	12,3	6,60	5,10	1,50	11,20	12,30	7,50	6,00	1,50	0,0	0,0	0,90	0,90	0,00
10	89	11,0	12,4	6,60	4,95	1,65	11,00	12,40	6,64	5,45	1,19	0,0	0,0	0,04	0,50	-0,46
11	89	11,7	13,1	5,40	4,00	1,40	11,80	13,20	6,00	4,90	1,10	0,1	0,1	0,60	0,90	-0,30
56	89	7,6	7,6	2,51	0,75	1,76	7,70	9,60	3,00	2,25	0,75	0,1	2,0	0,49	1,50	-1,01
12	89	10,2	10,9	6,10	4,90	1,20	10,40	11,10	6,20	5,20	1,00	0,2	0,2	0,10	0,30	-0,20
133	89	13,4	14,8	5,50	4,50	1,00	13,70	14,80	5,50	4,50	1,00	0,3	0,0	0,00	0,00	0,00
50	88	12,3	14,2	9,50	7,50	2,00	12,40	14,20	9,50	8,10	1,40	0,1	0,0	0,00	0,60	-0,60
51	88	11,9	13,7	9,00	6,50	2,50	11,90	14,00	9,00	6,50	2,50	0,0	0,3	0,00	0,00	0,00
61	88	11,5	12,6	9,25	7,25	2,00	11,60	12,70	9,25	7,80	1,45	0,1	0,1	0,00	0,55	-0,55
83	88	11,0	12,4	8,00	6,50	1,50	11,10	12,40	8,50	7,12	1,38	0,1	0,0	0,50	0,62	-0,12
86	88	9,1	8,8	5,00	3,50	1,50	9,10	8,80	5,00	3,53	1,47	0,0	0,0	0,00	0,03	-0,03
90	88	11,6	11,6	5,00	3,50	1,50	11,60	11,70	5,00	3,90	1,10	0,0	0,1	0,00	0,40	-0,40
91	88	11,4	12,0	4,50	3,50	1,00	11,60	12,00	4,70	3,50	1,20	0,2	0,0	0,20	0,00	0,20
92	88	12,1	12,9	5,00	3,50	1,50	12,10	12,90	5,50	4,50	1,00	0,0	0,0	0,50	1,00	-0,50
18	86	11,6	11,8	4,50	3,75	0,75	11,70	11,80	4,69	3,80	0,89	0,1	0,0	0,19	0,05	0,14
20	86	11,5	11,7	7,50	6,00	1,50	11,50	11,90	7,55	6,00	1,55	0,0	0,2	0,05	0,00	0,05
21	86	12,4	11,8	5,75	4,25	1,50	12,40	11,80	6,50	5,40	1,10	0,0	0,0	0,75	1,15	-0,40
22	86	9,9	11,0	7,00	5,25	1,75	9,90	11,00	7,00	5,97	1,03	0,0	0,0	0,00	0,72	-0,72
75	86	11,5	13,0	6,50	5,00	1,50	11,50	13,30	7,00	5,60	1,40	0,0	0,3	0,50	0,60	-0,10
76	86	11,7	13,1	7,00	6,00	1,00	11,70	13,10	7,00	6,00	1,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
5	85	11,8	14,2	6,90	5,50	1,40	11,80	14,20	6,90	5,50	1,40	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
6	85	10,4	11,4	7,25	5,75	1,50	10,40	11,60	7,50	6,50	1,00	0,0	0,2	0,25	0,75	-0,50
68	85	12,4	14,5	7,00	5,00	2,00	12,40	14,50	7,55	6,30	1,25	0,0	0,0	0,55	1,30	-0,75
69	85	10,2	12,1	5,00	3,10	1,90	10,20	12,10	5,03	4,05	0,98	0,0	0,0	0,03	0,95	-0,92
131	85	13,1	14,5	8,00	6,50	1,50	13,10	14,50	8,00	6,90	1,10	0,0	0,0	0,00	0,40	-0,40
60	84	15,3	17,8	11,00	9,75	1,25	15,30	17,80	11,10	9,90	1,20	0,0	0,0	0,10	0,15	-0,05

continua...

## Continuação

Número da Árvore	Ano do Plantio	1996					1997					Incremento 96/97				
		DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L. Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H Estipe (m)	L. Colmo (m)	DAP (cm)	D60 (cm)	H Total (m)	H estipe (m)	L. Colmo (m)
88	84	12,3	15,6	10,50	9,00	1,50	12,70	16,50	10,50	9,00	1,50	0,4	0,9	0,00	0,00	0,00
89	84	10,7	11,3	8,30	7,00	1,30	10,70	11,30	8,30	7,10	1,20	0,0	0,0	0,00	0,10	-0,10
93	84	10,2	11,6	6,00	5,00	1,00	10,40	12,00	6,00	5,20	0,80	0,2	0,4	0,00	0,20	-0,20
94	84	11,4	11,7	6,50	5,50	1,00	11,40	11,90	6,50	5,50	1,00	0,0	0,2	0,00	0,00	0,00
142	84	14,7	15,3	7,50	6,00	1,50	14,90	15,30	7,50	6,00	1,50	0,2	0,0	0,00	0,00	0,00
132	82	13,0	13,1	9,80	8,30	1,50	13,00	13,10	9,80	8,60	1,20	0,0	0,0	0,00	0,30	-0,30
1	81	13,4	13,6	9,25	7,80	1,45	13,40	13,6	9,25	7,80	1,45	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
2	81	12,1	12,8	10,50	9,00	1,50	12,10	12,90	10,50	9,00	1,50	0,0	0,1	0,00	0,00	0,00
3	81	13,4	14,7	9,25	7,60	1,65	13,60	14,70	9,25	7,60	1,65	0,2	0,0	0,00	0,00	0,00
4	81	12,7	15,4	9,50	7,90	1,60	12,70	15,40	9,50	8,00	1,50	0,0	0,0	0,00	0,10	-0,10
52	81	7,5	10,0	2,75	1,83	0,92	8,00	10,20	3,00	2,00	1,00	0,5	0,2	0,25	0,17	0,08
53	81	8,7	12,1	3,31	2,10	1,21	11,20	12,60	4,13	2,72	1,41	2,5	0,5	0,82	0,62	0,20
79	81	12,9	14,6	8,50	7,00	1,50	12,90	14,80	8,50	7,50	1,00	0,0	0,2	0,00	0,50	-0,50
124	81	16,9	18,5	13,50	12,50	1,00	16,90	18,50	13,80	12,50	1,30	0,0	0,0	0,30	0,00	0,30
125	81	13,7	15,4	12,50	11,00	1,50	15,20	16,20	12,60	11,40	1,20	1,5	0,8	0,10	0,40	-0,30
126	81	18,9	19,6	15,00	13,50	1,50	19,00	19,70	15,00	13,50	1,50	0,1	0,1	0,00	0,00	0,00
73	80	9,4	11,6	6,00	5,00	1,00	9,40	11,60	6,40	5,30	1,10	0,0	0,0	0,40	0,30	0,10
74	80	10,0	10,8	6,50	5,00	1,50	10,30	11,10	7,05	5,90	1,15	0,3	0,3	0,55	0,90	-0,35
134	80	10,8	11,5	8,00	7,00	1,00	10,80	11,60	8,30	7,23	1,07	0,0	0,1	0,30	0,23	0,07
135	80	11,9	12,9	7,50	6,00	1,50	12,00	12,90	7,50	6,65	0,85	0,1	0,0	0,00	0,65	-0,65
140	79	15,4	15,9	8,00	6,50	1,50	15,40	15,90	8,00	6,56	1,44	0,0	0,0	0,00	0,06	-0,06
98	78	10,5	11,5	4,50	3,50	1,00	10,80	11,80	4,80	3,95	0,85	0,3	0,3	0,30	0,45	-0,15
104	78	11,3	12,9	5,50	4,50	1,00	11,30	13,00	6,75	5,70	1,05	0,0	0,1	1,25	1,20	0,05
105	78	12,9	15,3	7,50	6,00	1,50	12,90	15,30	7,50	6,20	1,30	0,0	0,0	0,00	0,20	-0,20
106	78	10,8	11,8	7,50	6,50	1,00	10,80	11,80	7,50	6,50	1,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
121	78	13,0	13,7	9,00	7,50	1,50	13,10	13,70	9,00	7,50	1,50	0,1	0,0	0,00	0,00	0,00
122	78	13,1	13,1	4,00	2,50	1,50	13,10	13,10	4,12	2,95	1,17	0,0	0,0	0,12	0,45	-0,33
136	78	10,2	11,1	8,00	6,50	1,50	10,20	11,10	8,00	6,70	1,30	0,0	0,0	0,00	0,20	-0,20
137	78	14,6	16,2	10,00	8,40	1,60	15,10	16,30	10,00	8,70	1,30	0,5	0,1	0,00	0,30	-0,30
138	78	15,0	15,1	8,00	7,00	1,00	15,00	15,30	9,15	7,80	1,35	0,0	0,2	1,15	0,80	0,35
139	78	15,8	16,4	10,50	9,50	1,00	15,90	16,60	11,10	10,00	1,10	0,1	0,2	0,60	0,50	0,10
80	77	13,5	14,1	7,80	6,50	1,30	13,50	14,20	7,80	6,50	1,30	0,0	0,1	0,00	0,00	0,00
81	77	12,4	12,9	8,00	6,50	1,50	12,40	12,90	8,00	6,70	1,30	0,0	0,0	0,00	0,20	-0,20
82	77	10,3	11,1	6,00	4,50	1,50	10,40	11,10	6,00	4,62	1,38	0,1	0,0	0,00	0,12	-0,12
113	77	15,5	16,9	8,80	7,80	1,00	15,50	16,90	8,80	7,80	1,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00
114	77	11,4	11,3	7,50	6,00	1,50	11,50	11,50	7,50	6,30	1,20	0,1	0,2	0,00	0,30	-0,30
115	77	12,7	14,0	7,00	5,50	1,50	12,70	14,50	7,20	6,05	1,15	0,0	0,5	0,20	0,55	-0,35
64	76	12,7	14,3	8,00	6,50	1,50	12,70	14,30	8,30	7,00	1,30	0,0	0,0	0,30	0,50	-0,20
99	76	13,2	13,8	9,00	7,50	1,50	13,20	13,90	9,00	7,50	1,50	0,0	0,1	0,00	0,00	0,00

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S. **Modelos de crescimento e de produção**. In: CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL, Curitiba, 1990. **Trabalho de tópico especial** Curitiba : Universidade Federal do Paraná UFPr/ Setor de Ciências Agrárias. 1990. 46p., não publicado
- ALEMDAG, I.S. **Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships**. Canada : Minister of Supply and Services Canada, 1980. 38p.
- AVERY, E.T. & BURKHART, E.H. **Forest measurements**. New York : MacGraw-Hill, 1983. 331p.
- BRIGADÃO, C. **Dicionário de Ecologia**. Rio de Janeiro : Toop books Editora e Distribuidora Ltda, Rio de Janeiro, 1992. 344p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira**. Colombo : EMBRAPA - CNPFlorestas, 1994. p 246-50.
- CROW, T.R., **Forest Biomass Studies: Estimation of biomass in an even-aged stand - regression and "mean tree" techniques**. In: XVth IUFRO CONGRESS, Florida : University of Florida, 1971. p 35 - 48.
- DRAPER, N.R. & SMITH, H., **Applied Regression Analysis**. USA : John Wiley & Sons, New York 1966. 406p.
- EMBRAPA **Atlas do Meio Ambiente do Brasil**. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, Brasília, 1994. 138p.
- FANTINI, A.C.; NODARI, R.O.; REIS, M.S.; MANTOVANI, A.; ODORIZZI, J.; RIBEIRO, R.J. Estimativa da produção de palmito em plantas de palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) a partir de características fenotípicas. Viçosa : **Revista Árvore**, vol 1, n 21, Viçosa-MG, 1997. p. 49-57.

FERREIRA, V.L.P. & PASCOALINO, J.E. **Pesquisa sobre palmito no Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p.45-63.

FERRI, M.G.; MENEZES, N.L.; MONTEIRO-SCANAVACA, W.R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. São Paulo : EBRATEC - Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978, 197p.

FREESE, F. **Linear Regression Methods for Forest Research**. USA : Department of Agriculture Forest Service & Forest Products Laboratory - Madison Wisconsin, USA, 1964, 136p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Série Manuais Técnicos em Geociências nº 1**. Rio de Janeiro : 1992. 93p.

HERING, G.K. **A mata nativa brasileira: equilíbrio ecológico e produção de celulose**. São Paulo : Universidade de São Paulo, 1973. 140p.

HIGUCHI, N. & CARVALHO Jr, J.A. **Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia**. In : SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> - UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro: 1994, **Anais**. Rio de Janeiro : Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p 125-153.

HOFFMAN, R. & VIEIRA, S. **Análise de Regressão: Uma Introdução à Econometria**. 2. ed. São Paulo : Editora Hucitec, 1983. 379p.

INOUE, M.T.; RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHSI, Y.S. **Projeto Madeira do Paraná**. Curitiba : Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. p 162-67. (Convênio IBDF, SUDESUL, Governo do Paraná).

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR **Levantamento de Reconhecimentos dos Solos do Estado do Paraná**. Londrina : 1984. 413p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR **Cartas Climáticas do Estados do Paraná**.- Documento 18, Londrina : 1994. 49p.

KIRCHNER, F.F.; LOZOYA, J.C.R.; OHLSON, J.C. **Aspectos quantitativos na estimativa do peso e distribuição por classe de qualidade de palmito (*Euterpe edulis*)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA - CNPF, 1987. p.119-24.

MAACK, R.; **Geografia Física do Estado Paraná**. Banco de Desenvolvimento do Paraná/Universidade Federal do Paraná, Curitiba : 1968. 329p.

MARTINELLI, L.A.; MOREIRA, M.Z.; BROWN, I.F.; VICTORIA, R.L. **Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais**. In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub> - UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro : 1994, **Anais**. Rio de Janeiro : Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p 197-221.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P.; REIS, A.; REIS, M.S.; MERIZIO, D. (a) **Eficiência de Sistemas de Implantação do Palmitreiro em Mata Secundária**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p.165-68.

NODARI, R.O.; GUERRA, M.P.; REIS, A.; REIS, M.S. (b) **Incremento anual do palmitreiro (*Euterpe edulis*)**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p. 175-76.

NODARI, R.O.; REIS, M.S.; GUERRA, M.P. (c) **Relação entre parâmetros não destrutivos e rendimento de palmito - estudo preliminar**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p.181-83.

OGAWA, H. & KIRA, T. **Primary Productivity of Japanese Forests**. In: Productivity of terrestrial Communities, V. 16. Tokyo, 1977. p.15-21.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente. **Coletânea de Legislação Ambiental Federal e Estadual**, Curitiba, 1990. p.43.

PARDÉ, J. Forest Biomass. In: **Forestry Abstracts Review Article**, volume 41, n 8., France, ago 1980. Station de Sylviculture et de Production, Centre National de Recherches Forestières, p 349; 350; 352.



PEDROSA - MACEDO, J.H.; RITTERSHOFER, F.O.; DESSEWFFY, A. **A silvicultura e a Indústria do Palmito**. Porto Alegre : Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, (s.d.). p.15, 17, 25, 34, 35, 48.

QUEIROZ, M.H. & LIN, S.S. **Sementes**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p.207-09.

REIS, A; NODARI, R.O.; REIS, M.S.; GUERRA, M.P. **Rendimento comercial e relações entre características associadas ao volume de *Euterpe edulis* - avaliação preliminar**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p. 149-58.

RIBEIRO, J.H. SOS Palmito. **Revista Globo Rural** a.2, n.14, nov. 1986. p.18 - 30.

RODERJAN, C. V., **Classificação da Vegetação do Estado do Paraná**, Curitiba, In: **Curso: A Vegetação Natural do Estado do Paraná**, Curitiba : IPARDES-CTD, 1994.

ROSSETTI, C.F.; BERGER, R.; DUARTE, J. **Considerações gerais sobre a produção e comercialização do palmito**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1., Colombo, 1987. **Anais**. Curitiba : EMBRAPA - CNPF, 1987. p.125-36.

SALATI, E. **Emissão x Seqüestro de CO<sub>2</sub> - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil** In: SEMINÁRIO EMISSÃO x SEQÜESTRO DE CO<sub>2</sub> - UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, Rio de Janeiro, 1994, **Anais**, Rio de Janeiro : Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p 15-37.

SANQUETTA, C.R. **Fundamentos Biométricos dos Modelos de Simulação Florestal**. Curitiba : FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ, Série Didática n<sup>o</sup> 08, Curitiba: 1996. 49p.

SATOO, T. **Forest Biomass.**, Holanda, 1982 . Kluwer Academic Publishers Group. Distribution Center. 150p.

SPAIN, J.D. **Basic Microcomputer Models in Biology**. Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts : 1982. 354p.